

## Pneumatic pressure amplifier for hydraulic installation

**Patent number:** DE19717486  
**Publication date:** 1998-10-29  
**Inventor:** SCHNITZER GUENTER (DE); SAUER HERBERT (DE)  
**Applicant:** FTE AUTOMOTIVE GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: **B60T13/44; F16D25/08; F16D48/02; F16D48/04; B60T13/24; F16D25/08; F16D48/00; (IPC1-7): F15B3/00; B60K23/02; B60T13/12**  
- european: B60T13/44; F16D25/08B1; F16D25/14; F16D48/04  
**Application number:** DE19971017486 19970425  
**Priority number(s):** DE19971017486 19970425

**Report a data error here**

### Abstract of DE19717486

A work piston (6) in the housing (4) of the amplifier (2) separates a hydraulic work chamber (12) from a pneumatic work chamber. The hydraulic work chamber is for pressure application on a pick-up cylinder. A control piston (3) limits a hydraulically activated control pressure chamber (18) together with the work piston but in the opposite direction. The control piston activates a control valve, via which the pneumatic work chamber is fed with compressed air for pressure amplification in the hydraulic work chamber. The control pressure chamber, with effect from a pressure activation of predetermined extent, is hydraulically separated from the hydraulic work chamber, so that when there is a drop in compressed air supply, the work piston is displaceable by pressure application of the control pressure chamber, in order to produce a predetermined pressure in the hydraulic work chamber.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



㉑ Anmelder:  
FTE automotive GmbH, 96106 Ebern, DE  
  
㉒ Vertreter:  
Oppermann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 63075  
Offenbach

㉓ Erfinder:  
Schnitzer, Günter, 96166 Kirchlauter, DE; Sauer,  
Herbert, 96176 Pfarrweisach, DE

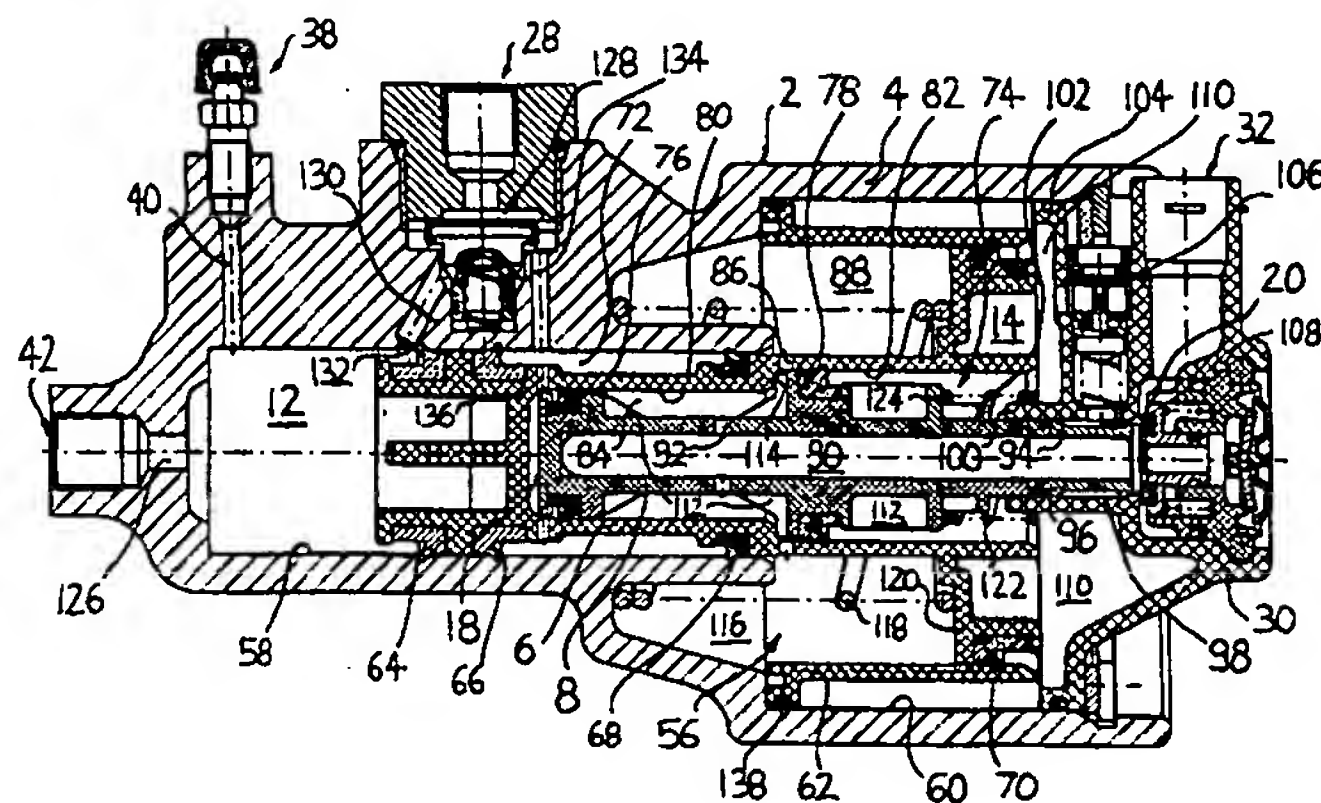
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 16 30 331 C3  
DE 43 39 449 A1  
DE 40 22 304 A1  
DE 39 22 215 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Pneumatischer Druckverstärker für eine hydraulische Anlage

⑤⑦ Es wird ein pneumatischer Druckverstärker (2) für eine hydraulische Anlage, insbesondere eine hydraulische Kupplungsbetätigung für Kraftfahrzeuge, offenbart, mit einem Gehäuse (4), in dem ein Arbeitskolben (6), der einen der Druckbeaufschlagung eines Nehmerzylinders dienenden hydraulischen Arbeitsraum (12) von einem pneumatischen Arbeitsraum (14) trennt, sowie ein Steuerkolben (8) angeordnet sind. Der Steuerkolben begrenzt einen über einen Geberzylinder hydraulisch beaufschlagbaren Ansteuerdruckraum (18) zusammen mit dem Arbeitskolben, aber in entgegengesetzter Richtung, und dient der Betätigung eines Steuerventils (20), über das der pneumatische Arbeitsraum zur Druckverstärkung im hydraulischen Arbeitsraum mit Druckluft beaufschlagbar ist. Erfindungsgemäß ist der Ansteuerdruckraum ab einer Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe vom hydraulischen Arbeitsraum hydraulisch getrennt, so daß bei Ausfall der Druckluftversorgung der Arbeitskolben durch Druckbeaufschlagung des Ansteuerdruckraums verschiebbar ist. Somit kann für eine Baureihe von hydraulischen Anlagen unter Beibehaltung des gleichen Geberzylinders ein gutes Betätigungsgefühl bei Betätigung des Geberzylinders gewährleistet werden.



Die Erfindung bezieht sich auf einen pneumatischen Druckverstärker für eine hydraulische Anlage gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf einen pneumatischen Druckverstärker für eine hydraulische Kupplungsbetätigung für Kraftfahrzeuge.

Eine hydraulische Kupplungsbetätigung für Kraftfahrzeuge hat allgemein einen an einen mit Hydraulikflüssigkeit gefüllten Ausgleichsbehälter angeschlossenen Geberzylinder, der über ein Kupplungspedal betätigt werden kann. Der Geberzylinder ist über eine Druckleitung mit einem Nehmerzylinder hydraulisch verbunden, so daß der durch Niedertreten des Kupplungspedals im Geberzylinder erzeugte Druck über die Flüssigkeitssäule in der Druckleitung auf den Nehmerzylinder übertragbar ist. Im Ergebnis wird das Ausrücklager der Kupplung mit einer Betätigungskraft beaufschlagt, um über einen Ausrückmechanismus die Kupplungsdruckplatte von der Kupplungsmitnehmerscheibe und somit den Motor vom Getriebe des Kraftfahrzeugs zu trennen.

Um insbesondere bei schweren Kraftfahrzeugen, bei denen die Kupplung ein hohes Drehmoment zu übertragen hat, die am Kupplungspedal aufzubringende Betätigungskraft bzw. die Rückwirkung der Kupplung bei ihrer Betätigung auf das Kupplungspedal zu verringern, ist im Stand der Technik vorgeschlagen worden, in der Druckleitung zwischen Geberzylinder und Nehmerzylinder einen pneumatischen Druckverstärker vorzusehen.

Die DT 16 30 331 C3 offenbart eine solche hydraulische Kupplungsbetätigung mit einem pneumatischen Druckverstärker für Kraftfahrzeuge. Gemäß diesem Stand der Technik hat die hydraulische Kupplungsbetätigung einen Hauptzylinder, durch dessen vom Kupplungspedal betätigbaren Kolben Drucköl über einen Servozylinder des Druckverstärkers zu einem die Kupplungsausrückgabel betätigenden Stellzylinder geleitet werden kann. Im Servozylinder ist ein Schieber angeordnet, der durch das vom Hauptzylinder geförderte Drucköl zum Beaufschlagen des Stellzylinders verschiebbar ist und selbst einen Zylinder bildet, in dem ein federbelasteter Ausgleichskolben verschiebbar geführt ist. Der Ausgleichskolben ist durch den Druck des Drucköls im Stellzylinder beaufschlagt und mit einer Ausgleichskolbenstange verbunden, die beim Verschieben des Ausgleichskolbens ein Ventil betätigt, welches in einem zwei Kammern trennenden, verschiebbaren Bauteil des Druckverstärkers vorgesehen ist. Das Ventil dient der Steuerung der Beaufschlagung der beiden Kammern mit Druckluft bzw. der Entlastung einer der Kammern, wodurch das die beiden Kammern trennende Bauteil durch die Druckluft entgegen der Kraft einer Druckfeder verschiebbar ist, die in der dem Ausgleichskolben zugewandten Kammer angeordnet ist. Das die beiden Kammern trennende Bauteil ist mit dem Schieber wirkverbunden, so daß eine Verschiebung des Bauteils eine Verschiebung des Schiebers bewirkt.

Um bei diesem Stand der Technik eine möglichst feinfühlig und rasch ansprechende Verstellung des Kupplungsausrückhebels durch das Kupplungspedal zu gewährleisten, ist ein mit der Ausgleichskolbenstange verbundener Hilfskolben in einem Hilfszylinder des Druckverstärkers axial verschiebbar geführt, der ebenfalls an die vom Hauptzylinder kommende Druckölleitung angeschlossen ist. Bei Druckbeaufschlagung wirkt der Hilfskolben dem Ausgleichskolben sowie einer diesen belastenden Druckfeder entgegen, wobei die hydraulische Wirkfläche des Hilfskolbens größer ist als die hydraulische Wirkfläche des Ausgleichskolbens. Im Ergebnis wird die aus dem Ausgleichskolben, der Ausgleichs-

kolbenstange und dem Hilfskolben bestehende Baugruppe in einer Richtung mit dem Öldruck aus dem Hauptzylinder und in der anderen Richtung mit dem Öldruck im Servozylinder sowie mit der Kraft einer Feder beaufschlagt, so daß für die Steuerung des Druckverstärkers die wichtigsten Druckgrößen, nämlich die Öldrücke im Hauptzylinder und im Servozylinder, unmittelbar herangezogen werden, ohne daß zunächst ein Druckaufbau im Servozylinder erfolgen müßte.

Dieser Stand der Technik hat neben der Tatsache, daß relativ viele Bauteile benötigt werden, um ein feinfühliges Ausrücken der Kupplung zu gewährleisten, jedoch den Nachteil, daß zum Ausrücken der Kupplung bei Ausfall der Servounterstützung die Flüssigkeitssäule zwischen Hauptzylinder und Stellzylinder durch den pneumatischen Druckverstärker geschoben werden muß, was auch als Prinzip der Volumenkonstanz bzw. der (direkten) Volumenübersetzung zwischen Hauptzylinder und Stellzylinder bezeichnet wird. Dabei wird u. a. bei Ausfall der Servounterstützung infolge der Drosselverluste im pneumatischen Druckverstärker eine adäquate Rückmeldung des Drucks im Stellzylinder an das Kupplungspedal nicht gewährleistet.

Ferner ist aus der gattungsbildenden DE 43 39 449 A1 ein pneumatischer Druckverstärker für eine hydraulische Kupplungsbetätigung für Kraftfahrzeuge bekannt, der ein Gehäuse aufweist, in dem ein Arbeitskolben und ein Steuerkolben angeordnet sind. Der Arbeitskolben trennt einen der Druckbeaufschlagung des Nehmerzylinders der hydraulischen Kupplungsbetätigung dienenden hydraulischen Arbeitsraum von einem pneumatischen Arbeitsraum, während der Steuerkolben einen über den Geberzylinder der hydraulischen Kupplungsbetätigung hydraulisch beaufschlagbaren Ansteuerdruckraum zusammen mit dem Arbeitskolben, aber in entgegengesetzter Richtung, begrenzt. Der Steuerkolben dient bei Druckbeaufschlagung des Ansteuerdruckraums durch den Geberzylinder der Betätigung eines Steuerventils, über das der pneumatische Arbeitsraum zur Druckverstärkung im hydraulischen Arbeitsraum mit Druckluft beaufschlagt wird.

Auch bei dieser hydraulischen Kupplungsbetätigung besteht bei Ausfall der Druckluftversorgung das Prinzip der Volumenkonstanz zwischen Geber- und Nehmerzylinder, d. h. die Flüssigkeitssäule zwischen Geber- und Nehmerzylinder muß durch den pneumatischen Druckverstärker verschoben werden. Dazu weist der Arbeitskolben, in dem der Ansteuerdruckraum ausgebildet ist, ein Rückschlagventil auf, welches ab einem vorbestimmten Druck im Ansteuerdruckraum öffnet, um den Geberzylinder mit dem Nehmerzylinder hydraulisch zu verbinden. Neben der Tatsache, daß das Rückschlagventil des pneumatischen Druckverstärkers einen erhöhten Bauaufwand bedingt, weist auch dieser Stand der Technik den oben beschriebenen Nachteil auf, der u. a. bei Ausfall der Servounterstützung eine infolge der Drosselverluste im pneumatischen Druckverstärker ungenügende Rückmeldung des Drucks im Nehmerzylinder an das Kupplungspedal mit sich bringt.

Vergleichbare Lösungen mit Zentralventil im Arbeitskolben finden sich auch bei Unterdruckkraftverstärkern für hydraulische Kupplungsbetätigungen für Kraftfahrzeuge mit Volumenkonstanz zwischen Geber- und Nehmerzylinder, wie beispielsweise die DE 39 22 215 A1 zeigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ausgehend vom Stand der Technik gemäß beispielsweise der DE 43 39 449 A1 einen pneumatischen Druckverstärker für eine hydraulische Anlage derart weiterzubilden, daß bei einfachem konstruktiven Aufbau des pneumatischen Druckverstärkers auch im Falle des Ausfalls der Druckluftversorgung eine adäquate Rückmeldung der am Nehmerzylinder der hy-



draulischen Anlage herrschenden Kräfte an deren Geberzylinder gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhaftes bzw.

zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 7.

Erfindungsgemäß ist der Ansteuerdruckraum des pneumatischen Druckverstärkers ab einer Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe vom hydraulischen Arbeitsraum des pneumatischen Druckverstärkers hydraulisch getrennt, so daß bei Ausfall der Druckluftversorgung der sowohl den hydraulischen Arbeitsraum als auch den Ansteuerdruckraum begrenzende Arbeitskolben durch Druckbeaufschlagung des Ansteuerdruckraums verschiebbar ist, um im hydraulischen Arbeitsraum einen vorbestimmten Druck zu erzeugen. Da dabei der im hydraulischen Arbeitsraum herrschende Druck, der für die am Nehmerzylinder wirkenden Kräfte repräsentativ ist, durch den Arbeitskolben des pneumatischen Druckverstärkers eine definierte Übersetzung erfährt, werden die am Nehmerzylinder wirkenden Kräfte adäquat an den mit dem Ansteuerdruckraum hydraulisch verbundenen Geberzylinder zurückgemeldet, so daß auch bei Ausfall der Druckluftversorgung eine feinfühligke Druckbeaufschlagung des Nehmerzylinders über den Geberzylinder unter Zwischenschaltung des Arbeitskolbens des pneumatischen Druckverstärkers möglich ist.

Darüber hinaus hat die erfindungsgemäße Ausbildung des pneumatischen Druckverstärkers den wesentlichen Vorteil, daß nunmehr zwischen dem Geberzylinder der hydraulischen Anlage und dem Ansteuerdruckraum des pneumatischen Druckverstärkers das Prinzip der Volumenkonstanz vorliegt, d. h. der Ansteuerdruckraum volumenmäßig an das Verdrängervolumen des Geberzylinders angepaßt ist, so daß für verschiedene hydraulische Anlagen der gleiche Geberzylinder verwendet werden kann. Dabei entfällt eine Abstimmung bzw. eine Auslegung des Geberzylinders im Hinblick auf den Nehmerzylinder. Bei hydraulischen Kupplungsbetätigungen mit Volumenkonstanz zwischen Geber- und Nehmerzylinder, wie sie aus dem oben beschriebenen Stand der Technik bekannt sind, ist diese Abstimmung zum einen deswegen notwendig, weil bei den üblichen Betätigungsdrücken von ca. 40 bar im Nehmerzylinder und bei durch die erforderliche Ausrückkraft bzw. den erforderlichen Ausrückweg der Kupplung vorbestimmter Geometrie des Nehmerzylinders am Geberzylinder ein Kompromiß zwischen Hub, Zylinder- bzw. Kolbendurchmesser und erwünschter Betätigungskraft (Pedalgefühl) sowie dem durch Einbaubedingungen vorbestimmten Pedalhub zu treffen ist. Zum anderen ist das Verdrängervolumen des Geberzylinders auf das Aufnahmevermögen des Nehmerzylinders abzustimmen, um auch bei Ausfall der Druckluftversorgung eine vollständige Ausrückung der Kupplung zu gewährleisten.

Im Ergebnis ist durch die erfindungsgemäße Ausbildung des pneumatischen Druckverstärkers bei der Auslegung einer neuen hydraulischen Anlage lediglich der hydraulische und/oder der pneumatische Arbeitsraum des pneumatischen Druckverstärkers bzw. die entsprechende hydraulische Wirkfläche und/oder pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens auf den Nehmerzylinder abzustimmen. Das aus Geberzylinder und Steuerkolben bestehende hydraulische System ist davon unabhängig und kann dementsprechend im Hinblick auf Betätigungskraft und -weg für ein gutes Pedalgefühl optimiert für eine Baureihe von hydraulischen Anlagen unverändert zum Einsatz kommen. Gleiches gilt für eine etwaige pneumatische Wirkfläche des Steuerkolbens, die der Rückmeldung der Servounterstützung an den Geberzylinder dient. Während also bei Neukonzeption einer hydrau-

lischen Anlage im Stand der Technik sowohl der Geberzylinder als auch der pneumatische Druckverstärker auf den Nehmerzylinder abzustimmen waren, ist bei erfindungsgemäßer Ausbildung des pneumatischen Druckverstärkers lediglich dieser und dann auch nur dessen aus pneumatischem Arbeitskolben, pneumatischer Arbeitskammer und hydraulischer Arbeitskammer bestehende Verstärkerteil auf den Nehmerzylinder abzustimmen.

Gemäß einer ersten Variante des pneumatischen Druckverstärkers nach der Lehre des Patentanspruchs 2 ist der Ansteuerdruckraum über eine Nachlaufbohrung stets mit einem Geberzylinderanschluß des Gehäuses verbunden, während zwischen dem Geberzylinderanschluß und dem hydraulischen Arbeitsraum ein Schließventil angeordnet ist, welches ab der Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe eine über eine Druckausgleichsbohrung bewirkte Verbindung zwischen dem hydraulischen Arbeitsraum und dem Geberzylinderanschluß unterbricht. Durch diese Ausbildung des pneumatischen Druckverstärkers wird auf einfache Weise die hydraulische Trennung des Ansteuerdruckraums vom hydraulischen Arbeitsraum bei Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe gewährleistet, wobei der zur Trennung erforderliche Druck durch entsprechende konstruktive Auslegung des Schließventils festgelegt werden kann.

Zweckmäßig weist das Schließventil einen in Richtung des Geberzylinders vorgespannten Ventilkörper auf, der axial verschiebbar in einer Stufenbohrung des Geberzylinderanschlusses sitzt, wobei die sich in Richtung des Geberzylinders im Durchmesser vergrößernde Stufenbohrung eine Schulter hat, die einen Ventilsitz für den Ventilkörper ausbildet und in der die Nachlaufbohrung zum Ansteuerdruckraum eingebracht ist, während die mit dem hydraulischen Arbeitsraum kommunizierende Druckausgleichsbohrung in dem an die Schulter angrenzenden Bohrungsabschnitt kleineren Durchmessers der Stufenbohrung mündet, wie im Patentanspruch 3 angegeben ist.

Gemäß einer zur Ausbildung des pneumatischen Druckverstärkers nach den Patentansprüchen 2 und 3 alternativen, zweiten Variante des pneumatischen Druckverstärkers nach der Lehre des Patentanspruchs 4 ist der Ansteuerdruckraum über eine Nachlaufbohrung stets mit einem Anschluß des Gehäuses verbunden, welcher dem Anschluß des pneumatischen Druckverstärkers an den Druckraum des Geberzylinders dient, während der hydraulische Arbeitsraum im unangesteuerten Zustand des pneumatischen Druckverstärkers über eine Druckausgleichsbohrung mit einem weiteren Anschluß des Gehäuses kommuniziert, der dem Anschluß des pneumatischen Druckverstärkers an den Ausgleichsbehälter des Geberzylinders dient, wobei ab der Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe der Arbeitskolben die Verbindung zwischen dem hydraulischen Arbeitsraum und dem weiteren Anschluß des Gehäuses unterbricht. Zwar werden hier zwei Leitungen benötigt, um den pneumatischen Druckverstärker an den Geberzylinder anzuschließen. Jedoch hat die zweite Variante des pneumatischen Druckverstärkers im Vergleich zur oben beschriebenen ersten Variante des pneumatischen Druckverstärkers den Vorteil, daß bei Wegfall des Schließventils ein Hubverlust am Geberzylinder bei sehr langsamer Betätigung des Geberzylinders vermieden wird. Dieser Hubverlust tritt bei der ersten Variante deshalb auf, weil bis zum Erreichen des Schließ- bzw. Trenndrucks des Schließventils Hydraulikflüssigkeit vom Geberzylinderanschluß über die Druckausgleichsbohrung in den hydraulischen Arbeitsraum des pneumatischen Druckverstärkers geschoben wird.

Gemäß dem Patentanspruch 5 ist der Ansteuerdruckraum im Arbeitskolben ausgebildet, wobei der Arbeitskolben den Steuerkolben teleskopartig aufnimmt. Durch diese Ausbil-

dung des pneumatischen Druckverstärkers können im Vergleich zum gattungsbildenden Stand der Technik zum einen Teile eingespart werden, die zur Abdichtung und Führung des Steuerkolbens notwendig sind, zum anderen verkürzt sich in vorteilhafter Weise die Baulänge des pneumatischen Druckverstärkers erheblich.

Nach der technischen Lehre des Patentanspruchs 6 ist im pneumatischen Arbeitsraum des Gehäuses eine vom Gehäuse separate Hülse angeordnet, an deren Innenwandung der Arbeitskolben abgedichtet anliegt. Durch entsprechende Wahl des Hülseninnendurchmessers und des pneumatikseitigen Außendurchmessers des Arbeitskolbens kann der pneumatische Druckverstärker im Hinblick auf die erforderliche Druckverstärkung leicht an den Nehmerzylinder bzw. den Kraftbedarf der durch diesen zu betätigenden Vorrichtung angepaßt werden. Dabei muß lediglich der Arbeitskolben in Kombination mit einer zugeordneten Hülse ausgetauscht bzw. in das Gehäuse eingesetzt werden, so daß das gleiche Gehäuse für eine Baureihe von pneumatischen Druckverstärkern verwendet werden kann.

Der Patentanspruch 7 sieht vor, daß an dem Arbeitskolben auf seiner dem pneumatischen Arbeitsraum zugewandten Seite ein Wechselteil lösbar befestigt ist, welches die pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens bestimmt. Somit kann bei Anpassung bzw. Abstimmung des pneumatischen Druckverstärkers an bzw. auf den Nehmerzylinder der gleiche Arbeitskolben für eine Baureihe von pneumatischen Druckverstärkern verwendet werden, wobei jeweils nur ein anderes Wechselteil am gleichen Arbeitskolben befestigt werden und dieser zusammen mit einer dem Wechselteil zugeordneten Hülse in das gleiche Gehäuse eingesetzt werden muß.

Die Erfindung wird nachstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert, wobei gleiche oder ähnliche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigen:

Die Fig. 1 den grundsätzlichen Aufbau einer hydraulischen Kupplungsbetätigung mit einem pneumatischen Druckverstärker,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines pneumatischen Druckverstärkers gemäß der Erfindung,

Fig. 3 eine vergrößerte Schnittansicht des pneumatischen Druckverstärkers gemäß Fig. 2, in der insbesondere ein im Anschluß für den Geberzylinder angeordnetes Schließventil dargestellt ist,

Fig. 4 eine vergrößerte Schnittansicht des pneumatischen Druckverstärkers gemäß Fig. 2, in der insbesondere ein im Deckel des Druckverstärkers angeordnetes Steuerventil dargestellt ist,

Fig. 5 ein Diagramm, in dem der Ausgangsdruck  $P_A$  des pneumatischen Druckverstärkers als Funktion des Eingangsdrucks  $P_E$  des pneumatischen Druckverstärkers dargestellt ist, und

Fig. 6 eine der Fig. 3 entsprechende vergrößerte Schnittansicht eines pneumatischen Druckverstärkers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, in der insbesondere der Anschlußbereich für den Geberzylinder dargestellt ist.

Gemäß den Fig. 1 und 2 hat ein pneumatischer Druckverstärker 2 in einer hydraulischen Kupplungsbetätigung für Kraftfahrzeuge ein Gehäuse 4, in dem ein Arbeitskolben 6 sowie ein Steuerkolben 8 angeordnet sind. Der Arbeitskolben 6 trennt einen der Druckbeaufschlagung eines Nehmerzylinders 10 dienenden hydraulischen Arbeitsraum 12 des pneumatischen Druckverstärkers 2 von einem pneumatischen Arbeitsraum 14 des pneumatischen Druckverstärkers 2. Der Steuerkolben 8 begrenzt einen über einen Geberzylinder 16 hydraulisch beaufschlagbaren Ansteuerdruckraum

18 zusammen mit dem Arbeitskolben 6, aber in entgegengesetzter Richtung, und dient der Betätigung eines Steuerventils 20 des pneumatischen Druckverstärkers 2. Über das Steuerventil 20 ist der pneumatische Arbeitsraum 14 zur Druckverstärkung im hydraulischen Arbeitsraum 12 mit Druckluft beaufschlagbar. Ab einer hydraulischen Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe ist der Ansteuerdruckraum 18 vom hydraulischen Arbeitsraum 12 hydraulisch getrennt, wie im folgenden noch näher beschrieben wird, so daß bei Ausfall der Druckluftversorgung der Arbeitskolben 6 durch Druckbeaufschlagung des Ansteuerdruckraums 18 verschiebbar ist, um im hydraulischen Arbeitsraum 12 einen vorbestimmten Druck zu erzeugen.

Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, hat der Geberzylinder 16 in an sich bekannter Weise einen Ausgleichsbehälter 22 und ist an in an der Fahrzeugkarosserie gelagertes Kupplungspedal 24 angeschlossen, so daß durch Niedertreten des Kupplungspedals 24 im Arbeitsraum (nicht dargestellt) des Geberzylinders 16 ein hydraulischer Druck erzeugbar ist. Der Arbeitsraum des Geberzylinders 16 ist über eine Hydraulik- bzw. Ansteuerleitung 26 an einen Geberzylinderanschluß 28 im Gehäuse 4 des pneumatischen Druckverstärkers 2 angeschlossen.

Das Gehäuse 4 des pneumatischen Druckverstärkers 2 ist auf der in Fig. 1 rechten Seite mit einem Deckel 30 verschlossen, in dem das Steuerventil 20 aufgenommen ist, welches unter Bezugnahme auf die Fig. 4 noch näher beschrieben wird. Der Deckel 30 weist einen Druckluftanschluß 32 auf, der über eine Druckluftleitung 34 an eine Druckluftquelle 36 angeschlossen ist, welche im Kraftfahrzeug vorhanden ist und Druckluft auf einem konstanten Druckniveau liefert. Auf der in Fig. 1 linken Seite ist das Gehäuse 4 mit einem Entlüfter 38 versehen, der über einen in den Fig. 2 und 3 dargestellten Entlüftungskanal 40 mit dem hydraulischen Arbeitsraum 12 verbunden ist.

Des weiteren weist das Gehäuse 4 auf der in Fig. 1 linken Seite einen Nehmerzylinderanschluß 42 auf, der über eine Hydraulikleitung 44 mit dem Nehmerzylinder 10 verbunden ist. Der Nehmerzylinder 10 ist mit einer Kupplung 46 wirkverbunden und als Zentralausrücker ausgebildet, d. h. er weist einen Ringzylinder 48 auf, welcher um eine Kupplungs- bzw. Getriebewelle 50 herum angeordnet ist. In dem Ringzylinder 48 ist ein Ringkolben 52 in axialer Richtung der Kupplungswelle 50 gleitend aufgenommen, der das Ausrücklager 54 der Kupplung 46 trägt bzw. mit diesem wirkverbunden ist, so daß die Kupplung 46 durch Druckbeaufschlagung des Ringzylinders 48 über die Hydraulikleitung 44 ausgerückt werden kann. Die Kupplung 46 braucht an dieser Stelle nicht näher beschrieben werden, da sie wie im Stand der Technik bekannt ausgebildet ist.

Obgleich der Nehmerzylinder 10 im dargestellten Ausführungsbeispiel als Zentralausrücker ausgebildet ist, kann er selbstverständlich auch parallel zur Kupplungswelle 50 mit zylindrischem Arbeitsraum und -kolben ausgebildet sein, wie dies beispielsweise aus der oben zitierten DT 16 30 331 C3 hervorgeht.

In Fig. 2 ist der pneumatische Druckverstärker 2 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel im Längsschnitt in Ruhestellung, d. h. im nicht angesteuerten Zustand dargestellt. Das einteilige Gehäuse 4 weist in Längsrichtung eine Stufenbohrung 56 auf, die nach rechts in Fig. 2 durch den Deckel 30 verschlossen ist. Die Stufenbohrung 56 hat im wesentlichen zwei Bohrungsabschnitte 58, 60, wobei in dem im Innendurchmesser kleineren, in Fig. 2 linken Bohrungsabschnitt 58 der hydraulische Arbeitsraum 12 ausgebildet ist, während sich in dem im Innendurchmesser größeren, in Fig. 2 rechten Bohrungsabschnitt 60 der pneumatische Arbeitsraum 14 befindet. Im Bohrungsabschnitt 60 ist eine



Hülse 62 angeordnet, die in Kombination mit dem Arbeitskolben 6 die pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 bestimmt, wie noch beschrieben wird.

In der Stufenbohrung 56 ist der Arbeitskolben 6 axial verschiebbar angeordnet, an dessen Außenumfang vier dynamische Dichtelemente 64, 66, 68 und 70 angebracht sind. An dieser Stelle sei angemerkt, daß in den Figuren die dynamischen Dichtelemente im unverformten Zustand dargestellt sind. Tatsächlich liegen die dynamischen Dichtelemente jedoch an den jeweiligen Dichtflächen flächig an.

Die in Fig. 2 von links kommend ersten drei Dichtelemente 64, 66 und 68 liegen an der Innenwandung des kleineren Bohrungsabschnitts 58 der Stufenbohrung 56 an, während das vierte Dichtelement 70 an der Innenwandung der im größeren Bohrungsabschnitt 60 der Stufenbohrung 56 aufgenommenen Hülse 62 anliegt. Das erste Dichtelement 64 dichtet den hydraulischen Arbeitsraum 12 ab und das zweite Dichtelement 66 dichtet zusammen mit dem dritten Dichtelement 68 eine den Arbeitskolben 6 umgebende, ringförmige Nachlaufkammer 72 ab, während das vierte Dichtelement 70 den pneumatischen Arbeitsraum 14 abdichtet. Aus der obigen Beschreibung wird deutlich, daß der Arbeitskolben 6 zum hydraulischen Arbeitsraum 12 hin eine hydraulische Wirkfläche aufweist und zum pneumatischen Arbeitsraum 14 hin eine pneumatische Wirkfläche hat.

Der Arbeitskolben 6 hat ebenfalls eine Stufenbohrung 74, in der der Steuerkolben 8 teleskopartig und axial verschiebbar aufgenommen ist. Der Steuerkolben 8 ist an seinem Außenumfang mit zwei Dichtelementen 76, 78 versehen, von denen das in Fig. 2 linke Dichtelement 76 an einem Bohrungsabschnitt 80 kleineren Durchmessers der Stufenbohrung 74 anliegt, während das in Fig. 2 rechte Dichtelement 78 an einem Bohrungsabschnitt 82 größeren Durchmessers der Stufenbohrung 74 anliegt. Das linke Dichtelement 76 dichtet den Ansteuerdruckraum 18 ab, der in Fig. 2 nach links vom Arbeitskolben 6 und nach rechts vom Steuerkolben 8 begrenzt wird. Das rechte Dichtelement 78 dichtet den pneumatischen Arbeitsraum 14 ab. Zwischen den Dichtelementen 76 und 78 befindet sich eine den Steuerkolben 8 umgebende, ringförmige Abluftkammer 84, die über eine Querboreung 86 im Arbeitskolben 6 mit einem ringförmigen Abluftraum 88 zwischen dem dritten Dichtelement 68 und dem vierten Dichtelement 70 des Arbeitskolbens 6 verbunden ist. Der Abluftraum 88 wird nach radial innen und in Fig. 2 nach rechts durch den Arbeitskolben 6 begrenzt, während das Gehäuse 4 den Abluftraum 88 in Fig. 2 nach links und die Hülse 62 den Abluftraum 88 nach radial außen begrenzt. Aus der obigen Beschreibung ergibt sich, daß der Steuerkolben 8 zum Ansteuerdruckraum 18 hin eine hydraulische Wirkfläche hat und zum pneumatischen Arbeitsraum 14 hin eine pneumatische Wirkfläche aufweist.

Weiterhin ist der Steuerkolben 8 mit einem Sackloch 90 versehen, das mit der Abluftkammer 84 über eine Querboreung 92 verbunden ist und dessen in Fig. 2 rechts gelegenes offenes Ende durch das Steuerventil 20 im Deckel 30 hindurch stets mit der Umgebung kommuniziert. Das offene Ende des Steuerkolbens 8 wird durch ein Schaftteil 94 gebildet, welches Bestandteil des Steuerventils 20 ist, wie sich noch aus der auf die Fig. 4 bezugnehmenden Beschreibung ergibt, und das mittels eines Dichtlements 96 abgedichtet sowie gleitbeweglich in einem Schaftansatz 98 des Deckels 30 aufgenommen ist. Eine dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandte Stirnfläche 100 des Schaftansatzes 98 bildet einen Anschlag für einen am Steuerkolben 8 angebrachten Bund 102 aus, der eine Bewegung des Steuerkolbens 8 nach rechts in Fig. 2 begrenzt.

In dem einteiligen Deckel 30, der mittels eines Dichtlements 104 zur Innenwandung des in Fig. 2 rechten Boh-

rungsabschnitts 60 der Stufenbohrung 56 pneumatisch abgedichtet am Gehäuse 4 befestigt ist, beispielsweise mittels eines geschlitzten Federrings, ist neben dem noch zu beschreibenden Steuerventil 20 eine Drosseleinrichtung 106 integriert, die in Strömungsrichtung der Druckluft ausgehend vom Druckluftanschluß 32 nach dem Steuerventil 20 aber vor dem pneumatischen Arbeitsraum 14 angeordnet ist. Bei geöffnetem Steuerventil 20 steht der Druckluftanschluß 32 mit der Drosseleinrichtung 106 über einen Ringkanal 108 am Außenumfang des Schaftteils 94 des Steuerkolbens 8 in Verbindung.

Der vorzugsweise aus Kunststoff gefertigte Deckel 30 ist des Weiteren auf seiner dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandten Seite mit einer Mehrzahl von Verstärkungsstegen 110 versehen, die auch als Anschlag für den Arbeitskolben 6 dienen, um eine axiale Bewegung des Arbeitskolbens 6 nach rechts in Fig. 2 zu begrenzen. Gleichermäßen weist der vorzugsweise aus Kunststoff bestehende Steuerkolben 8 eine Mehrzahl von Versteifungsrippen 112 auf, von denen die einer Schulter 114 zwischen dem Bohrungsabschnitt 80 und dem Bohrungsabschnitt 82 der Stufenbohrung 74 des Arbeitskolbens 6 nächstgelegene Versteifungsrippe 112 mit der Schulter 114 zusammenwirkt, um eine axiale Bewegung des Steuerkolbens 8 nach links relativ zum Arbeitskolben 6 zu begrenzen.

Neben den auf die hydraulischen bzw. pneumatischen Wirkflächen des Arbeitskolbens 6 und des Steuerkolbens 8 wirkenden hydraulischen und pneumatischen Drücken sind beide Kolben 6, 8 noch federbelastet. So ist der Arbeitskolben 6 mittels einer in einer Vertiefung 116 des Bohrungsabschnitts 60 der Stufenbohrung 56 des Gehäuses 4 aufgenommenen Druckfeder 118 gegen die Verstärkungsstege 110 des Deckels 30 in Fig. 2 nach rechts vorgespannt, wobei die Druckfeder 118 an einem die pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 mitbestimmenden Ringbund 120 des Arbeitskolbens 6 anliegt. Der Steuerkolben 8 ist mit Hilfe einer sich an den Verstärkungsstegen 110 des Deckels 30 abstützenden Druckfeder 122, die steuerkolbenseitig an einem Bund 124 des Steuerkolbens 8 angreift, mit seinen entsprechenden Versteifungsrippen 112 gegen die Schulter 114 des Arbeitskolbens 6 in Fig. 2 nach links vorgespannt.

Auf der hydraulischen Seite des pneumatischen Druckverstärkers 2 steht der hydraulische Arbeitsraum 12 über einen Druckkanal 126 mit dem Nehmerzylinderanschluß 42 in Fluidverbindung. Der Geberzylinderanschluß 28 steht im unbetätigten Zustand des pneumatischen Druckverstärkers 2 über ein in Öffnungsstellung vorgespanntes Schließventil 128, welches unter Bezugnahme auf die Fig. 3 noch näher beschrieben wird, sowie eine Druckausgleichsboreung 130, in deren Grund eine Drossel 132 ausgebildet ist, mit dem hydraulischen Arbeitsraum 12 in Fluidverbindung. Weiterhin ist der Geberzylinderanschluß 28 über eine stets geöffnete Nachlaufboreung 134 mit der Nachlaufkammer 72 am Arbeitskolben 6 verbunden, welche ihrerseits über eine in den Arbeitskolben 6 eingebrachte Querboreung 136 stets mit dem Ansteuerdruckraum 18 kommuniziert.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß der Arbeitskolben 6 zwei hydraulische Wirkflächen, nämlich eine dem hydraulischen Arbeitsraum 12 zugewandte Wirkfläche und eine dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandte Wirkfläche, sowie eine pneumatische Wirkfläche hat, die dem pneumatischen Arbeitsraum 14 zugewandt ist. Der Steuerkolben 8 weist eine dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandte hydraulische Wirkfläche und eine dem pneumatischen Arbeitsraum 14 zugewandte pneumatische Wirkfläche auf. Die dem hydraulischen Arbeitsraum 12 zugewandte hydraulische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 wird durch den Außendurchmesser des Dichtlements 64 bzw. den Innendurchmesser des

Bohrungsabschnitts 58 der Stufenbohrung 56 des Gehäuses 4 bestimmt, während sich die dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandte hydraulische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 über den Innendurchmesser des Bohrungsabschnitts 80 der Stufenbohrung 74 im Arbeitskolben 6 bestimmt. Die der Druckverstärkung im hydraulischen Arbeitsraum 12 dienende pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 ist über den Außendurchmesser des Dichtelements 70 bzw. den Innendurchmesser der Hülse 62 bestimmt. Die hydraulische Wirkfläche des zum Ansteuerdruckraum 18 geschlossenen Steuerkolbens 8 ergibt sich aus dem Außendurchmesser des Dichtelements 76 bzw. den Innendurchmesser des Bohrungsabschnitts 80 der Stufenbohrung 74 im Arbeitskolben 6, während sich die der Rückmeldung der Druckluftunterstützung an das Kupplungspedal 24 dienende pneumatische Wirkfläche des Steuerkolbens 8 über den Außendurchmesser des Dichtelements 78 bzw. den Innendurchmesser des Bohrungsabschnitts 82 der Stufenbohrung 74 im Arbeitskolben 6 ergibt. Wie deutlich der Fig. 2 zu entnehmen ist, ist infolge der teleskopartigen Aufnahme des Steuerkolbens 8 im Arbeitskolben 6 dessen dem hydraulischen Arbeitsraum 12 zugewandte hydraulische Wirkfläche größer als die dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandte hydraulische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6, so daß sich bei Ausfall der Servounterstützung ausgehend vom Geberzylinder 16 zum Nehmerzylinder 10 hin eine hydraulische Unterse-  
tzung über den Arbeitskolben 6 ergibt.

Weiterhin ist festzuhalten, daß sich der pneumatische Druckverstärker 2 insgesamt in fünf verschieden beaufschlagte Bereiche unterteilen läßt, nämlich in zwei verschieden beaufschlagte Hydraulikbereiche – einen hydraulischen Arbeitsbereich und einen hydraulischen Ansteuerbereich – und drei verschieden beaufschlagte Pneumatikbereiche – einen pneumatischen Versorgungsbereich, einen pneumatischen Arbeitsbereich sowie einen Abluftbereich. Der vom Entlüfter 38, dem Dichtelement 64 und dem Schließventil 128 begrenzte hydraulische Arbeitsbereich umfaßt den hydraulischen Arbeitsraum 12, den Entlüftungskanal 40, den Druckkanal 126 sowie die Druckausgleichsbohrung 130 und ist über den Nehmerzylinderanschluß 42 zum Nehmerzylinder 10 hin offen. Der von den Dichtelementen 66 und 68 am Arbeitskolben 6 sowie dem Dichtelement 76 am Steuerkolben 8 begrenzte hydraulische Ansteuerbereich umfaßt den Ansteuerdruckraum 18, die Querbohrung 136, die Nachlaufkammer 72 sowie die Nachlaufbohrung 134 und ist über den Geberzylinderanschluß 28 zum Geberzylinder 16 hin offen. Der vom Steuerventil 20 begrenzte pneumatische Versorgungsbereich im Deckel 30 ist über den Druckluftanschluß 32 zur Druckluftquelle 36 hin offen. Der pneumatische Arbeits- bzw. Mischdruckbereich ist durch die Dichtelemente 78 und 96 am Steuerkolben 8, das Dichtelement 70 am Arbeitskolben 6, ein Dichtelement 138 zwischen der Hülse 62 und der Innenwandung des Bohrungsabschnitts 60 der Stufenbohrung 56 im Gehäuse 4, das Dichtelement 104 am Deckel 30 sowie das darin aufgenommene Steuerventil 20 begrenzt. Der pneumatische Arbeitsbereich umfaßt dabei den pneumatischen Arbeitsraum 14, die im Deckel 30 aufgenommene Drosseleinrichtung 106 sowie den Ringkanal 108. Schließlich umfaßt der über die Dichtelemente 70, 78 und 138 gegenüber dem pneumatischen Arbeitsbereich und über die Dichtelemente 68 und 76 gegenüber dem hydraulischen Ansteuerbereich abgedichtete Abluftbereich den Abluftraum 88, die Querbohrung 86, die Abluftkammer 84, die Querbohrung 92 und das Sackloch 90, über das der Abluftbereich mit der Umgebung kommuniziert.

In der Fig. 3 ist ein Ausschnitt des pneumatischen Druckverstärker 2 gemäß Fig. 2 vergrößert dargestellt, in dem insbesondere das Schließventil 128 zwischen Geberzylinderan-

schluß 28 und Druckausgleichsbohrung 130 besser zu erkennen ist.

Gemäß Fig. 3 hat das Gehäuse 4 einen Anschlußdom 140 für den Geberzylinderanschluß 28, in dem eine Stufenbohrung 142 mit den Bohrungsabschnitten 144, 146 und 148 eingebracht ist. Der im Durchmesser größte Bohrungsabschnitt 144 hat einen Innengewindeabschnitt 150, in den ein Anschlußteil 152 mit einem Außengewindeabschnitt 154 eingeschraubt ist. Das Anschlußteil 152 ist mittels eines Dichtelements 156 am offenen Ende der Stufenbohrung 142 gegenüber der Umgebung abgedichtet.

Das in unbetätigter Stellung als 2/2-Wegeventil auf Durchgang geschaltete Schließventil 128 ist in der Stufenbohrung 142 angeordnet und weist einen axial verschiebbaren, gestuften Ventilkörper bzw. -kolben 158 mit im wesentlichen drei Kolbenabschnitten 160, 162 und 164 auf. Der im Durchmesser kleinste Kolbenabschnitt 164 weist an seinem Außenumfang eine Nut 166 auf, in der ein Dichtelement 168 eingesetzt ist, das mit dem Bohrungsabschnitt 148 der Stufenbohrung 142 zusammenwirkt, um eine im Grund der Stufenbohrung 142 ausgebildete Kammer 170 gegenüber dem Geberzylinderanschluß 28 abzudichten. Die Kammer 170 ist über eine nicht dargestellte Bohrung mit der Umgebung verbunden. In der Kammer 170 ist eine Druckfeder 172 aufgenommen, die sich in ein ausgehend von der dem Grund der Stufenbohrung 142 zugewandten Stirnfläche des Ventilkolbens 158 in diesen eingebrachtes Sackloch 174 erstreckt und den Ventilkolben 158 gegen das Anschlußteil 152 vorspannt.

An den Kolbenabschnitt 164 schließt sich über einen konischen Übergangsabschnitt 176 der im Durchmesser größere Kolbenabschnitt 162 an, dessen Außendurchmesser um einen vorbestimmten Betrag kleiner ist als der Innendurchmesser des Bohrungsabschnitts 146 der Stufenbohrung 142, in den der Ventilkolben 158 mit seinem Kolbenabschnitt 162 eintaucht. Somit liegt zwischen dem Kolbenabschnitt 162 und dem Bohrungsabschnitt 146 ein Ringspalt 178, in den die zum hydraulischen Arbeitsraum 12 in das Gehäuse 4 eingebrachte Druckausgleichsbohrung 130 mündet.

An den Kolbenabschnitt 162 schließt sich über einen Bund 180 der Kolbenabschnitt 160 mit dem größten Außendurchmesser an, der in dem Bohrungsabschnitt 144 der Stufenbohrung 142 aufgenommen ist. Der Kolbenabschnitt 160 wird durch eine elastomere Membrandichtung 182 überspannt, die form- und kraftschlüssig an dem Bund 180 fixiert ist. Eine umlaufende Dichtlippe 184 der Membrandichtung 182 steht in axialer Richtung des Ventilkolbens 158 ausgehend von dessen Kolbenabschnitt 160 über den Bund 180 des Ventilkolbens 158 vor, so daß die Dichtlippe 184 bei Verschiebung des Ventilkolbens 158 in der Stufenbohrung 142 entgegen der Kraft der Druckfeder 172 mit einer einen Ventilsitz ausbildenden Schulter 186 zwischen dem Bohrungsabschnitt 144 und dem Bohrungsabschnitt 146 der Stufenbohrung 142 zur dichtenden Anlage gebracht werden kann. Im Ruhezustand des Ventilkolbens 158 liegt die Membrandichtung 182 auf der von ihrer Dichtlippe 184 abgewandten Seite aufgrund der Kraft der Druckfeder 172 jedoch an einer Stirnfläche 188 des Anschlußteils 152 an.

In die Schulter 186 ist die den Geberzylinderanschluß 28 zur Nachlaufkammer 72 am Arbeitskolben 6 verbindende Nachlaufbohrung 134 mit einem solchen Abstand zur Stufenbohrung 142 eingebracht, daß die Nachlaufbohrung 134 bei an der Schulter 186 anliegender Dichtlippe 184 der Membrandichtung 182 nicht verschlossen wird, d. h. unabhängig von der Betätigungsstellung des Ventilkolbens 158 stets geöffnet ist.

Schließlich ist das Anschlußteil 152 ausgehend von seiner dem Ventilkolben 158 zugewandten Stirnfläche 188 mit ei-



ner zylindrischen Ausnehmung 190 versehen, die exzentrisch zur Mittelachse des Anschlußteils 152 angeordnet ist, so daß auch bei an der Stirnfläche 188 des Anschlußteils 152 anliegender Membrandichtung 182 ein freier Durchgang 192 zwischen der Ausnehmung 190 und dem Bohrungsabschnitt 144 der Stufenbohrung 142 verbleibt. In die Ausnehmung 190 mündet ein in dem Anschlußteil 152 zentrisch ausgebildeter Kanal 194, der der Verbindung mit dem Geberzylinder 16 dient.

Aus der obigen Beschreibung wird deutlich, daß bei Betätigung des Geberzylinder 16 der in dessen Arbeitsraum erzeugte Druck stets über den Kanal 194 und die Ausnehmung 190 des Anschlußteils 152, den freien Durchgang 192, den Bohrungsabschnitt 144 der Stufenbohrung 142, die in die Schulter 186 der Stufenbohrung 142 einbrachte Nachlaufbohrung 134, die Nachlaufkammer 72 am Arbeitskolben 6 und die in diesen eingebrachte Querbohrung 136 im Ansteuerdruckraum 18 ansteht.

In Grundstellung des Schließventils 128 sowie bis zu einem vorbestimmten Druck steht darüber hinaus der Geberzylinder 16 über den Kanal 194, die Ausnehmung 190, den freien Durchgang 192, den Bohrungsabschnitt 144 der Stufenbohrung 142, einen Ventilspace 196 zwischen der Dichtlippe 184 der Membrandichtung 182 und der Schulter 186 der Stufenbohrung 142, den Ringspace 178, die Druckausgleichsbohrung 130 sowie die Drossel 132 mit dem hydraulischen Arbeitsraum 12 in Verbindung. Wird der vorbestimmte Druck überschritten, der von der hydraulischen Wirkfläche des Ventilkolbens 158, d. h. der beaufschlagbaren Stirnfläche der Membrandichtung 182, sowie der Federkraft der Druckfeder 172 abhängt, so wird der an der Innenwandung des Bohrungsabschnitts 144 der Stufenbohrung 142 geführte Ventilkolben 158 bei kleiner werdendem Ventilspace 196 in axialer Richtung der Stufenbohrung 142 in der Fig. 3 nach unten verschoben, bis die Dichtlippe 184 der Membrandichtung 182 an der Schulter 186 der Stufenbohrung 142 zur Anlage gelangt. Durch diese dichte Anlage in Schließstellung des Schließventils 128 wird die Fluidverbindung zwischen dem Bohrungsabschnitt 144 der Stufenbohrung 142 und dem Ringspace 178 am Kolbenabschnitt 162 des Ventilkolbens 158 unterbrochen. Im Ergebnis ist der Geberzylinderanschluß 28 von der Druckausgleichsbohrung 130 und somit dem hydraulischen Arbeitsraum 12 getrennt.

In der Fig. 4 ist der Deckel 30 des pneumatischen Druckverstärkers 2 vergrößert dargestellt, der die für die pneumatische Beaufschlagung des pneumatischen Arbeitsraums 14 erforderlichen Einrichtungen enthält, von denen im folgenden insbesondere das Steuerventil 20 näher beschrieben werden soll.

In dem Schaftansatz 98 ist eine Ventilbohrung 198 ausgebildet, die das Schaftteil 94 des Steuerkolbens 8 mittels des Dichtelements 96 abgedichtet und in axialer Richtung verschiebbar aufnimmt. Das Schaftteil 94 hat einen im Außendurchmesser verjüngten Abschnitt 200, der zusammen mit der Ventilbohrung 198 des Schaftansatzes 98 den Ringkanal 108 begrenzt. An den verjüngten Abschnitt 200 des Schaftteils 94 schließt sich ein im Außendurchmesser erweitertes Ende 202 des Steuerkolbens 8 mit einer ebenen Stirnfläche 204 an. Der Außendurchmesser des Endes 202 ist geringfügig kleiner als der kleinste Innendurchmesser eines konischen Abschnitts 206 des Deckels 30, in dem die Ventilbohrung 198 ausläuft. Der konische Abschnitt 206 steht unter Ausbildung eines Ringwulstes 208 in eine im wesentlichen zylindrische Ventilkammer 210 des Deckels 30 vor. Der Ringwulst 208 bildet einen Ventilsitz für einen in der Ventilkammer 210 aufgenommenen Ventilkörper 212 des Steuerventils 20 aus, der über die Stirnfläche 204 des Steuerkolbens 8 mit einer Kraft beaufschlagt werden kann.

Der Ventilkörper 212 hat eine mit dem Sackloch 90 des Steuerkolbens 8 stets kommunizierende Durchgangsbohrung 214 und ist an seiner dem Steuerkolben 8 zugewandten Stirnfläche 216 mit einem ringförmigen, elastomeren Dichtelement 218 versehen, welches im unbetätigten Zustand des Steuerventils 20 an dem Ringwulst 208 anliegt. Weiterhin weist der Ventilkörper 212 einen Hülsenabschnitt 220 auf, in dessen Außenumfangsfläche eine Nut 222 für ein Dichtelement 224 eingebracht ist.

Der Ventilkörper 212 ist mittels des Dichtelements 224 abgedichtet in einer Durchgangsbohrung 226 eines Einsatzteils 228 in axialer Richtung verschiebbar geführt. Das Einsatzteil 228 ist mit geeigneten Mitteln, beispielsweise einem geschlitzten Ring, in axialer Richtung in der Ventilkammer 210 des Deckels 30 befestigt und hat an seiner Außenumfangsfläche eine Nut 230, in der ein Dichtelement 232 eingesetzt ist, daß die Ventilkammer 210 zur Umgebung abdichtet. Des weiteren ist das Einsatzteil 228 auf seiner dem Steuerkolben 8 zugewandten Seite mit einer ringförmigen Aussparung 234 versehen, in der eine Druckfeder 236 aufgenommen ist, die den Ventilkörper 212 gegen den Ringwulst 208 vorspannt. Schließlich ist am zur Umgebung offenen Ende der Durchgangsbohrung 226 ein Staubsitz 238 an dem Einsatzteil 228 angebracht, welcher eine Verschmutzung des Steuerventils 20 von außen verhindert.

Der Druckluftanschluß 32 ist stets mit der Ventilkammer 210 über einen im Deckel 30 ausgebildeten Druckluftkanal 240 verbunden, während der Ringkanal 108 am Schaftteil 94 des Steuerkolbens 8 stets über einen die Drosseleinrichtung 106 aufnehmenden Kanalabschnitt 242 und eine davon abzweigende, in der dem pneumatischen Arbeitsraum 14 zugewandten Wandung des Deckels 30 eingebrachte Axialbohrung 244 mit dem pneumatischen Arbeitsraum 14 verbunden ist.

Im unbetätigten Zustand des Steuerventils 20 ist der Ventilkörper 212 mittels der Druckfeder 236 mit seinem Dichtelement 218 gegen den bezüglich der Ventilbohrung 198 koaxialen Ringwulst 208 des Deckels 30 gepreßt. Dieser Andruck wird durch die Druckluft verstärkt, die vom Druckluftanschluß 32 über den Druckluftkanal 240 in der Ventilkammer 210 ansteht und dort auf die vom Steuerkolben 8 abgewandte Rückseite des Ventilkörpers 212 wirkt.

Bei Betätigung des Steuerventils 20 durch den Steuerkolben 8 bewegt sich der Steuerkolben 8 entgegen der Kraft der Druckfeder 122 in Fig. 4 nach rechts und überfährt eine kurze Wegstrecke, bis die Stirnfläche 204 des Schaftteils 94 des Steuerkolbens 8 an dem Dichtelement 218 dicht zur Anlage gelangt. Bei weiterer Verschiebung des Steuerkolbens 8 nach rechts in Fig. 4 wird der Ventilkörper 212 entgegen der Kraft der Druckfeder 236 vom Ringwulst 208 abgehoben. In dieser Stellung des Steuerkolbens 8 ist die Ventilkammer 210 über den Ringkanal 108 am Schaftteil 94 mit dem Kanalabschnitt 242 verbunden, so daß die Druckluft über den Druckluftanschluß 32, den Druckluftkanal 240, die Ventilkammer 210, den Ringkanal 108, den Kanalabschnitt 242, die Drosseleinrichtung 106 und die Axialbohrung 244 in den pneumatischen Arbeitsraum 14 strömt. Gleichzeitig ist der Ringkanal 108 durch die dichte Anlage der Stirnfläche 204 des Schaftteils 94 des Steuerkolbens 8 an dem Dichtelement 218 des Ventilkörpers 212 von dem Sackloch 90 des Steuerkolbens 8 bzw. der Durchgangsbohrung 214 des Ventilkörpers 212 getrennt.

Bewegt sich der Steuerkolben 8 in Fig. 4 nach links, kommt zunächst das Dichtelement 218 des Ventilkörpers 212 an dem Ringwulst 208 des Schaftansatzes 98 zur Anlage und trennt die pneumatische Verbindung zwischen dem Druckluftanschluß 32 und dem pneumatischen Arbeitsraum 14. Dann hebt die Stirnfläche 204 des Schaftteils 94 des



Steuerkolbens 8 vom Dichtelement 218 des Ventilkörpers 212 ab, wodurch der Ringkanal 108 mit dem Sackloch 90 des Steuerkolbens 8 bzw. der Durchgangsbohrung 214 des Ventilkörpers 212 verbunden und der pneumatische Arbeitsraum 14 über die Durchgangsbohrung 226 im Einsatzteil 228 sowie den Staubsitz 238 zur Umgebung entlüftet wird.

Im folgenden wird die Funktionsweise des gesamten pneumatischen Druckverstärkers 2 beschrieben, wobei auf die Funktionsweise des Steuerventils 20 und des Schließventils 128 nicht nochmals eingegangen werden muß, da sie sich aus der obigen, auf die Fig. 3 und 4 bezugnehmenden Beschreibung ergibt. Bei Beschreibung der Funktionsweise des pneumatischen Druckverstärkers 2 wird auch auf die Fig. 5 Bezug genommen, in der der am Nehmerzylinderanschluß 42 anstehende Ausgangsdruck  $P_A$  als Funktion des am Geberzylinderanschluß 28 anstehenden Eingangsdrucks  $P_E$  dargestellt ist. Die durchgezogene Kurve repräsentiert dabei den Druckverlauf mit Servounterstützung, während die gestrichelte Linie den Druckverlauf ohne Servounterstützung angibt.

Zum Ausrücken der Kupplung 46 wird das Kupplungspedal 24 niedergetreten, wobei sich ein vom Pedalweg abhängiger Druck im Geberzylinder 16 einstellt. Dieser Druck steht über die Hydraulikleitung 26 am Geberzylinderanschluß 28 des pneumatischen Druckverstärkers 2 an. Bis zum Schließen des Schließventils 128 wird dabei vom Geberzylinder 16 verdrängtes Volumen über die Druckausgleichsbohrung 130 in den hydraulischen Arbeitsraum 12 sowie über die Nachlaufbohrung 134 in die Nachlaufkammer 72 und von dort über die Querbohrung 136 im Arbeitskolben 6 in den Ansteuerdruckraum 18 verschoben. Soweit verharzt auch der Arbeitskolben 6 in seiner in Fig. 2 dargestellten Ruhestellung, in der sich die Dichtelemente 64 und 66 in axialer Richtung der Stufenbohrung 56 im Gehäuse 4 zwischen der Mündung der Druckausgleichsbohrung 130 in den hydraulischen Arbeitsraum 12 und der Mündung der Nachlaufbohrung 134 in die Nachlaufkammer 72 befinden, deren axiale Ausdehnung mindestens dem Hub des Arbeitskolbens 6 im Gehäuse 4 entspricht.

Steigt der Druck im Geberzylinder 16 weiter an, schließt das Schließventil 128 die Verbindung zwischen dem Geberzylinderanschluß 28 und der Druckausgleichsbohrung 130, unabhängig davon, ob der pneumatische Druckverstärker 2 bei Servounterstützung oder Servokraftausfall angesteuert wird. Das weiter vom Geberzylinder 16 verdrängte Volumen wird über die stets geöffnete Nachlaufbohrung 134, die Nachlaufkammer 72 und die Querbohrung 136 in den Ansteuerdruckraum 18 verschoben. Der dort anstehende Druck wirkt auf die hydraulische Wirkfläche des Steuerkolbens 8 entgegen der Federkraft der Druckfeder 122. Im Ergebnis kommt der Steuerkolben 8 von seiner Anschlagstellung an der Schulter 114 des Arbeitskolbens 6 frei und wird in der Fig. 2 nach rechts verschoben. Eine Verschiebung des Arbeitskolbens 6 findet dabei trotz Druckbeaufschlagung der dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandten hydraulischen Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 nicht statt, da die Federkraft der Druckfeder 118, die größer ist als die Federkraft der Druckfeder 122, den Arbeitskolben 6 auf Anschlag an den Verstärkungsstegen 110 des Deckels 30 hält.

Der Steuerkolben 8 wird soweit in Fig. 2 nach rechts verschoben, bis seine in Fig. 4 näher dargestellte Stirnfläche 204 am Dichtelement 218 des Ventilkörpers 212 des Steuerventils 20 zur Anlage gelangt. Nun wirken die Kräfte der Druckfedern 122 und 236 dem Steuerhub des Steuerkolbens 8 entgegen. Bis zu diesem Punkt, der in Fig. 5 mit  $t_2$  bezeichnet ist, steigt der Ausgangsdruck  $P_A$  mit konstanter Steigung im wesentlichen linear mit dem Eingangsdruck  $P_E$  an.

Bei weiterem Steuerhub des Steuerkolbens 8 öffnet der Steuerkolben 8 wie oben beschrieben das Steuerventil 20 und trennt die vorher bestehende Verbindung zwischen dem pneumatischen Arbeitsraum 14 und der Umgebung, wodurch die am Druckluftanschluß 32 anstehende Druckluft über das Steuerventil 20 und Drosseleinrichtung 106 in den pneumatischen Arbeitsraum 14 geleitet wird. Dort wirkt sie auf die pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6, der infolgedessen entgegen der Kraft der Druckfeder 118 in Fig. 2 nach links verschoben wird. Dabei wird die im volumemäßig auf den Nehmerzylinder 10 abgestimmten hydraulischen Arbeitsraum 12 befindliche Hydraulikflüssigkeit in den Nehmerzylinder 10 verschoben, um in an sich bekannter Weise die Kupplung 46 auszurücken. Gleichzeitig wirkt die im pneumatischen Arbeitsraum 14 anstehende Druckluft auf die pneumatische Wirkfläche des Steuerkolbens 8, wodurch die Servounterstützung über die Flüssigkeitssäule zwischen dem Steuerkolben 8 und dem Geberzylinder 16 zum Kupplungspedal 24 zurückgemeldet wird.

Für jede Position auf der durchgezogenen Kurve in Fig. 5 stellt sich abhängig von der Stellung des Kupplungspedals 24 ein Kräftegleichgewicht zwischen dem hydraulischen Ansteuerdruck am Punkt  $t_2$  und dem hydraulischen Aussteuerdruck am Punkt  $t_3$  des pneumatischen Druckverstärkers 2 ein, wobei der Aussteuerpunkt  $t_3$  des pneumatischen Druckverstärkers 2 im Betrieb nicht erreicht wird, weil die pneumatische Servokraft immer größer als die Trennkraft der Kupplung 46 vorgesehen wird. Der jeweilige Druck im hydraulischen Arbeitsraum 12 bestimmt sich ausschließlich durch die Trennkraft und die Ausrückwegposition der Kupplung 46. Für jede weitere Hubzunahme des Arbeitskolbens 6 muß weiteres Ansteuervolumen über den Geberzylinder 16 in den Ansteuerdruckraum 18 verschoben werden. Bis zum Erreichen des oben beschriebenen Kräftegleichgewichts liegt dabei ein kontinuierlicher Steuerungsprozeß des Steuerventils 20 vor, wobei sich durch abwechselndes Be- und Entlüften des pneumatischen Arbeitsraums 14 über das Steuerventil 20, d. h. ein Aufschwimmen der Stirnfläche 204 des Steuerkolbens 8 bzw. des Ringwulstes 208 des Deckels 30 am Dichtelement 218 des Ventilkörpers 212, in dem pneumatischen Arbeitsraum 14 ein dem Hub des Steuerkolbens 8 proportionaler Mischdruck einstellt.

Zum Einrücken der Kupplung 46 wird das Kupplungspedal 24 entlastet, womit der Druck im Geberzylinder 16 und damit im Ansteuerdruckraum 18 abfällt. Dabei wird der Steuerkolben 8 durch die Federkraft der Druckfeder 122 mit seiner Stirnfläche 204 vom Dichtelement 218 des Steuerventils 20 abgehoben, welches infolge der Federkraft der Druckfeder 236 seinerseits am Ringwulst 208 des Deckels 30 zur Anlage gelangt. Die Verbindung zwischen dem Druckluftanschluß 32 und dem pneumatischen Arbeitsraum 14 wird somit wie beschrieben unterbrochen, während der pneumatische Arbeitsraum 14 zur Umgebung entlüftet wird. Der Arbeitskolben 6 fährt nun infolge des im hydraulischen Arbeitsraum 12 anstehenden Drucks und der Federkraft der Druckfeder 118 in seine Ruhestellung auf Anschlag an den Verstärkungsstegen 110 des Deckels 30. Dabei wird das im Nehmerzylinder 10 bei ausgerückter Kupplung 46 befindliche Flüssigkeitsvolumen in den hydraulischen Arbeitsraum 12 des pneumatischen Druckverstärkers 2 zurückgeschoben. Gleichmaßen fährt der Steuerkolben 8 aufgrund der Federkraft der Druckfeder 122 auf seinen Anschlag an der Schulter 114 der Stufenbohrung 74 im Arbeitskolben 6, wobei das ursprünglich aus dem Geberzylinder 16 verdrängte Flüssigkeitsvolumen aus dem Ansteuerdruckraum 18 in den Geberzylinder 16 zurückgeschoben wird.

Auch bei Ausfall der Servounterstützung wird der Steuerkolben 8 durch Niedertreten des Kupplungspedals 24 wie

oben beschrieben über den Ansteuerdruckraum 18 mit dem im Geberzylinder 16 erzeugten Druck beaufschlagt, wobei das Schließventil 128 die Verbindung zwischen dem Geberzylinder 16 und dem hydraulischen Arbeitsraum 12 ab dem vorbestimmten Druck unterbricht. Dabei fährt der Steuerkolben 8 entgegen der Federkräfte der Druckfedern 122 und 236 mit seinem Bund 102 auf Anschlag auf die Stirnfläche 100 des Schaftansatzes 98 des Deckels 30. An dieser Stelle sei angemerkt, daß der Weg, den der Steuerkolben 8 dabei überfährt, selbstverständlich größer sein muß als der Weg, den der Steuerkolben 8 überfährt, um an dem Dichtelement 218 des Steuerventils 20 zur Anlage zu gelangen. Eine weitere Verschiebung des Steuerkolbens 8 in Fig. 2 nach rechts ist somit nicht mehr möglich.

Durch weitere Verschiebung von Flüssigkeitsvolumen aus dem Geberzylinder 16 in den Ansteuerdruckraum 18 wird nun der Arbeitskolben 6 aufgrund der Druckbeaufschlagung seiner dem Ansteuerdruckraum 18 zugewandten hydraulischen Wirkfläche entgegen der Kraft der Druckfeder 118 in Fig. 2 nach links in den hydraulischen Arbeitsraum 12 hinein verschoben, wodurch das aus dem hydraulischen Arbeitsraum 12 verdrängte Flüssigkeitsvolumen in den Nehmerzylinder 10 verschoben wird, um die Kupplung 46 auszurücken. Der aufgrund der Trennkraft der Kupplung 46 sich im hydraulischen Arbeitsraum 12 des pneumatischen Druckverstärkers 2 einstellende Druck wird dabei durch den Arbeitskolben 6 definiert übersetzt über die Flüssigkeitssäule zwischen Ansteuerdruckraum 18 und Geberzylinder 16 zum Kupplungspedal 24 zurückgemeldet. Beim Ausrücken der Kupplung 46 steigt der Ausgangsdruck  $P_A$  über dem Eingangsdruck  $P_E$  mit unveränderter Steigung linear an, wie die gestrichelte Linie in Fig. 5 zeigt.

Das Einrücken der Kupplung 46 bei Servokraftausfall erfolgt entsprechend dem Ausrücken in umgekehrter Reihenfolge, d. h. zunächst fährt bei Entlastung des Kupplungspedals 24 der Arbeitskolben 6 in Fig. 2 nach rechts auf Anschlag, woraufhin der Steuerkolben 8 in Fig. 2 nach links auf Anschlag fährt. Dabei wird das aus dem hydraulischen Arbeitsraum 12 beim Ausrücken verdrängte Flüssigkeitsvolumen vom Nehmerzylinder 10 in den hydraulischen Arbeitsraum 12 zurückgeschoben, während das aus dem Geberzylinder 16 beim Ausrücken verdrängte Flüssigkeitsvolumen aus dem Ansteuerdruckraum 18 in den Geberzylinder 16 zurückgeschoben wird.

Bei der oben beschriebenen Ausbildung des pneumatischen Druckverstärkers 2 ergibt sich dessen Verstärkung im wesentlichen aus dem Verhältnis der dem hydraulischen Arbeitsraum 12 zugewandten hydraulischen Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 zu der dem pneumatischen Arbeitsraum 14 zugewandten pneumatischen Wirkfläche des Arbeitskolbens 6. Dieses Verhältnis kann den Erfordernissen entsprechend leicht durch Austausch der Hülse 62 verändert werden, die in dem Bohrungsabschnitt 60 der Stufenbohrung 56 des Gehäuses 4 über die Verstärkungsstege 110 des Deckels 30 axial und vorzugsweise auch radial fixiert ist, wobei der Außendurchmesser des das Dichtelement 70 tragenden Ringbunds 120 des Arbeitskolbens 6 entsprechend anzupassen ist. Obgleich in den Figuren nicht dargestellt, kann letzteres vorzugsweise derart erfolgen, daß an dem Ringbund 120 des Arbeitskolbens 6 ein Wechselteil lösbar befestigt ist, welches das Dichtelement 70 trägt und somit die pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens 6 bestimmt. Eine Änderung dieses Wirkflächenverhältnisses hat keinen Einfluß auf die hydraulische Ansteuerung des pneumatischen Druckverstärkers 2, d. h. zur Ansteuerung des pneumatischen Druckverstärkers 2 kann der gleiche, vorzugsweise im Hinblick auf ein gutes Pedalgefühl optimierte Geberzylinder 16 verwendet werden.

Die Fig. 6 zeigt eine vergrößerte Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels des pneumatischen Druckverstärkers 2 im unangesteuerten Zustand. Gleiche bzw. entsprechende Bauteile sind dabei mit denselben Bezugszeichen versehen und brauchen im folgenden nicht nochmals beschrieben zu werden.

Der pneumatische Druckverstärker 2 gemäß Fig. 6 unterscheidet sich von dem in den Fig. 2 bis 4 dargestellten pneumatischen Druckverstärker 2 lediglich dadurch, daß im Anschlußdom 140 des Gehäuses 4 kein Schließventil vorgesehen ist. Vielmehr weist das Gehäuse 4 einen weiteren Anschluß 28' auf, der der Verbindung des pneumatischen Druckverstärkers 2 zum Ausgleichsbehälter 22 des Geberzylinders 16 dient. Der Ausgleichsbehälteranschluß 28' ist unmittelbar mit der Druckausgleichsbohrung 130 verbunden.

Im Betrieb wird bei Ansteuerung des pneumatischen Druckverstärkers 2 die im Ruhezustand des pneumatischen Druckverstärkers 2 zwischen dem hydraulischen Arbeitsraum 12 und dem Geberzylinder 16, d. h. dessen Ausgleichsbehälter 22, über die Druckausgleichsbohrung 130 und den Ausgleichsbehälteranschluß 28' bewirkte Verbindung dadurch unterbrochen, daß der Arbeitskolben 6 mit seinem Dichtelement 64 über die Druckausgleichsbohrung 130 fährt und diese gegenüber dem hydraulischen Arbeitsraum 12 absperrt. Die Kennlinie des pneumatischen Druckverstärkers 2 ist dabei unverändert wie in Fig. 5 dargestellt.

Es wird ein pneumatischer Druckverstärker für eine hydraulische Anlage, insbesondere eine hydraulische Kupplungsbetätigung für Kraftfahrzeuge, offenbart, mit einem Gehäuse, in dem ein Arbeitskolben, der einen der Druckbeaufschlagung eines Nehmerzylinders dienenden hydraulischen Arbeitsraum von einem pneumatischen Arbeitsraum trennt, sowie ein Steuerkolben angeordnet sind. Der Steuerkolben begrenzt einen über einen Geberzylinder hydraulisch beaufschlagbaren Ansteuerdruckraum zusammen mit dem Arbeitskolben, aber in entgegengesetzter Richtung, und dient der Betätigung eines Steuerventils, über das der pneumatische Arbeitsraum zur Druckverstärkung im hydraulischen Arbeitsraum mit Druckluft beaufschlagbar ist. Erfindungsgemäß ist der Ansteuerdruckraum ab einer Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe vom hydraulischen Arbeitsraum hydraulisch getrennt, so daß bei Ausfall der Druckluftversorgung der Arbeitskolben durch Druckbeaufschlagung des Ansteuerdruckraums verschiebbar ist. Somit kann für eine Baureihe von hydraulischen Anlagen unter Beibehaltung des gleichen Geberzylinders ein gutes Betätigungsgefühl bei Betätigung des Geberzylinders gewährleistet werden.

#### Bezugszeichenliste

- 2 pneumatischer Druckverstärker
- 4 Gehäuse
- 6 Arbeitskolben
- 8 Steuerkolben
- 10 Nehmerzylinders
- 12 hydraulischer Arbeitsraum
- 14 pneumatischer Arbeitsraum
- 16 Geberzylinder
- 18 Ansteuerdruckraum
- 20 Steuerventil
- 22 Ausgleichsbehälter
- 24 Kupplungspedal
- 26 Hydraulikleitung
- 28 Geberzylinderanschluß
- 28' Ausgleichsbehälteranschluß
- 30 Deckel



32 Druckluftanschluß  
 34 Druckluftleitung  
 36 Druckluftquelle  
 38 Entlüfter  
 40 Entlüftungskanal  
 42 Nehmerzylinderanschluß  
 44 Hydraulikleitung  
 46 Kupplung  
 48 Ringzylinder  
 50 Kupplungswelle  
 52 Ringkolben  
 54 Ausrücklager  
 56 Stufenbohrung  
 58 Bohrungsabschnitt  
 60 Bohrungsabschnitt  
 62 Hülse  
 64 Dichtelement  
 66 Dichtelement  
 68 Dichtelement  
 70 Dichtelement  
 72 Nachlaufkammer  
 74 Stufenbohrung  
 76 Dichtelement  
 78 Dichtelement  
 80 Bohrungsabschnitt  
 82 Bohrungsabschnitt  
 84 Abluftkammer  
 86 Querbohrung  
 88 Abluftraum  
 90 Sackloch  
 92 Querbohrung  
 94 Schaftteil  
 96 Dichtelement  
 98 Schaftansatz  
 100 Stirnfläche  
 102 Bund  
 104 Dichtelement  
 106 Drosseleinrichtung  
 108 Ringkanal  
 110 Verstärkungssteg  
 112 Versteifungsrippe  
 114 Schulter  
 116 Vertiefung  
 118 Druckfeder  
 120 Ringbund  
 122 Druckfeder  
 124 Bund  
 126 Druckkanal  
 128 Schließventil  
 130 Druckausgleichsbohrung  
 132 Drossel  
 134 Nachlaufbohrung  
 136 Querbohrung  
 138 Dichtelement  
 140 Anschlußdom  
 142 Stufenbohrung  
 144 Bohrungsabschnitt  
 146 Bohrungsabschnitt  
 148 Bohrungsabschnitt  
 150 Innengewindeabschnitt  
 152 Anschlußteil  
 154 Außengewindeabschnitt  
 156 Dichtelement  
 158 Ventilkolben  
 160 Kolbenabschnitt  
 162 Kolbenabschnitt  
 164 Kolbenabschnitt  
 166 Nut

168 Dichtelement  
 170 Kammer  
 172 Druckfeder  
 174 Sackloch  
 5 176 Übergangsabschnitt  
 178 Ringspalt  
 180 Bund  
 182 Membrandichtung  
 184 Dichtlippe  
 10 186 Schulter  
 188 Stirnfläche  
 190 Ausnehmung  
 192 Durchgang  
 194 Kanal  
 15 196 Ventilsplatt  
 198 Ventilbohrung  
 200 verjüngter Abschnitt  
 202 Ende  
 204 Stirnfläche  
 20 206 konischer Abschnitt  
 208 Ringwulst  
 210 Ventilkammer  
 212 Ventilkörper  
 214 Durchgangsbohrung  
 25 216 Stirnfläche  
 218 Dichtelement  
 220 Hülsenabschnitt  
 222 Nut  
 224 Dichtelement  
 30 226 Durchgangsbohrung  
 228 Einsatzteil  
 230 Nut  
 232 Dichtelement  
 234 Aussparung  
 35 236 Druckfeder  
 238 Staubsitz  
 240 Druckluftkanal  
 242 Kanalabschnitt  
 244 Axialbohrung  
 40  $P_A$  Ausgangsdruck  
 $P_E$  Eingangsdruck

#### Patentansprüche

- 45 1. Pneumatischer Druckverstärker (2) für eine hydraulische Anlage, insbesondere eine hydraulische Kuppelungsbetätigung für Kraftfahrzeuge, mit einem Gehäuse (4), in dem ein Arbeitskolben (6), der einen der Druckbeaufschlagung eines Nehmerzylinders (10) dienenden hydraulischen Arbeitsraum (12) von einem pneumatischen Arbeitsraum (14) trennt, sowie ein Steuerkolben (8) angeordnet sind, der einen über einen Geberzylinder (16) hydraulisch beaufschlagbaren Ansteuerdruckraum (18) zusammen mit dem Arbeitskolben (6), aber in entgegengesetzter Richtung, begrenzt und der Betätigung eines Steuerventils (20) dient, über das der pneumatische Arbeitsraum (14) zur Druckverstärkung im hydraulischen Arbeitsraum (12) mit Druckluft beaufschlagbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ansteuerdruckraum (18) ab einer Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe vom hydraulischen Arbeitsraum (12) hydraulisch getrennt ist, so daß bei Ausfall der Druckluftversorgung der Arbeitskolben (6) durch Druckbeaufschlagung des Ansteuerdruckraums (18) verschiebbar ist, um im hydraulischen Arbeitsraum (12) einen vorbestimmten Druck zu erzeugen.  
 50  
 55  
 60  
 65 2. Pneumatischer Druckverstärker (2) nach Anspruch

- 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ansteuerdruckraum (18) über eine Nachlaufbohrung (134) stets mit einem Geberzylinderanschluß (28) des Gehäuses (4) verbunden ist, während zwischen dem Geberzylinderanschluß (28) und dem hydraulischen Arbeitsraum (12) ein Schließventil (128) angeordnet ist, welches ab der Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe eine über eine Druckausgleichsbohrung (130) bewirkte Verbindung zwischen dem hydraulischen Arbeitsraum (12) und dem Geberzylinderanschluß (28) unterbricht.
3. Pneumatischer Druckverstärker (2) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Schließventil (128) einen in Richtung des Geberzylinders (16) vorgespannten Ventilkörper (158) aufweist, der axial verschiebbar in einer Stufenbohrung (142) des Geberzylinderanschlusses (28) sitzt, wobei die sich in Richtung des Geberzylinders (16) im Durchmesser vergrößernde Stufenbohrung (142) eine Schulter (186) hat, die einen Ventilsitz für den Ventilkörper (158) ausbildet und in der die Nachlaufbohrung (134) zum Ansteuerdruckraum (18) eingebracht ist, während die mit dem hydraulischen Arbeitsraum (12) kommunizierende Druckausgleichsbohrung (130) in dem an die Schulter (186) angrenzenden Bohrungsabschnitt (146) kleineren Durchmessers der Stufenbohrung (142) mündet.
4. Pneumatischer Druckverstärker (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ansteuerdruckraum (18) über eine Nachlaufbohrung (134) stets mit einem Anschluß (28) des Gehäuses (4) verbunden ist, welcher dem Anschluß des pneumatischen Druckverstärkers (2) an einen Druckraum des Geberzylinders (16) dient, während der hydraulische Arbeitsraum (12) im unangesteuerten Zustand des pneumatischen Druckverstärkers (2) über eine Druckausgleichsbohrung (130) mit einem weiteren Anschluß (28') des Gehäuses (4) kommuniziert, der dem Anschluß des pneumatischen Druckverstärkers (2) an einen Ausgleichsbehälter (22) des Geberzylinders (16) dient, wobei ab der Druckbeaufschlagung von vorbestimmter Höhe der Arbeitskolben (6) die Verbindung zwischen dem hydraulischen Arbeitsraum (12) und dem weiteren Anschluß (28') des Gehäuses (4) unterbricht.
5. Pneumatischer Druckverstärker (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ansteuerdruckraum (18) im Arbeitskolben (6) ausgebildet ist, wobei der Arbeitskolben (6) den Steuerkolben (8) teleskopartig aufnimmt.
6. Pneumatischer Druckverstärker (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im pneumatischen Arbeitsraum (14) des Gehäuses (4) eine vom Gehäuse (4) separate Hülse (62) angeordnet ist, an deren Innenwandung der Arbeitskolben (6) abgedichtet anliegt.
7. Pneumatischer Druckverstärker (2) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Arbeitskolben (6) auf seiner dem pneumatischen Arbeitsraum (14) zugewandten Seite ein Wechselteil lösbar befestigt ist, welches die pneumatische Wirkfläche des Arbeitskolbens (6) bestimmt.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65



- Leerseite -

**BEST AVAILABLE COPY**

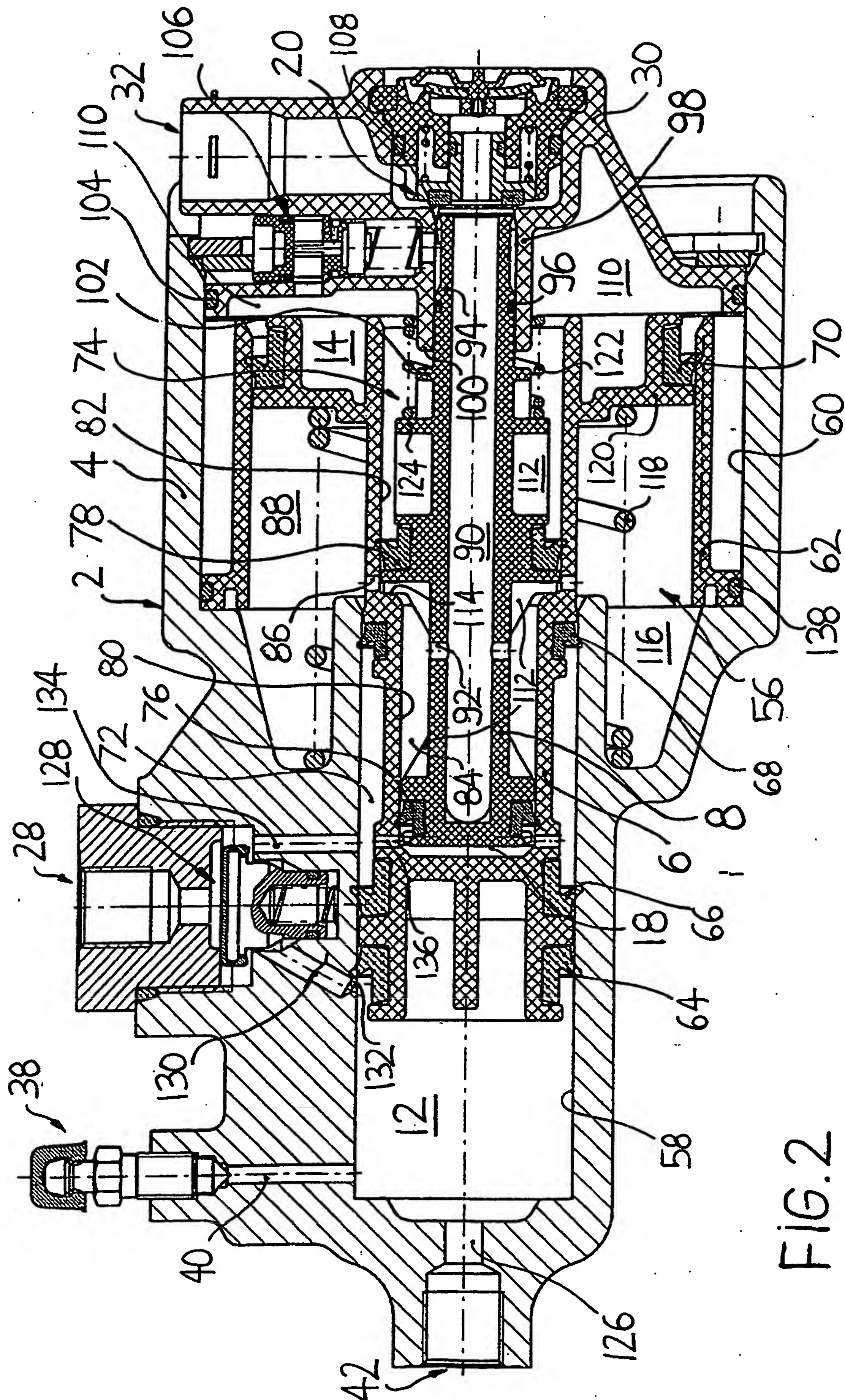
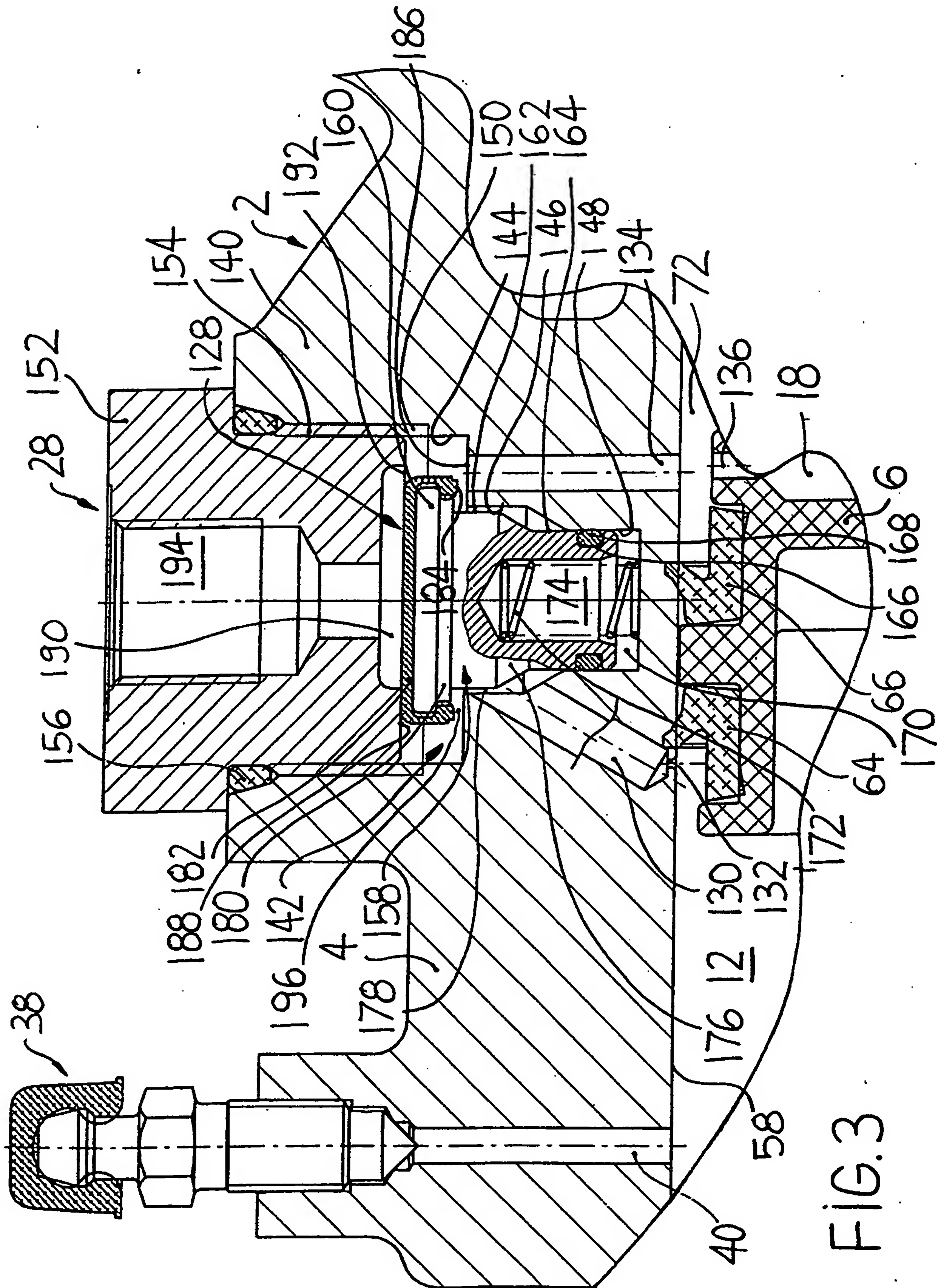
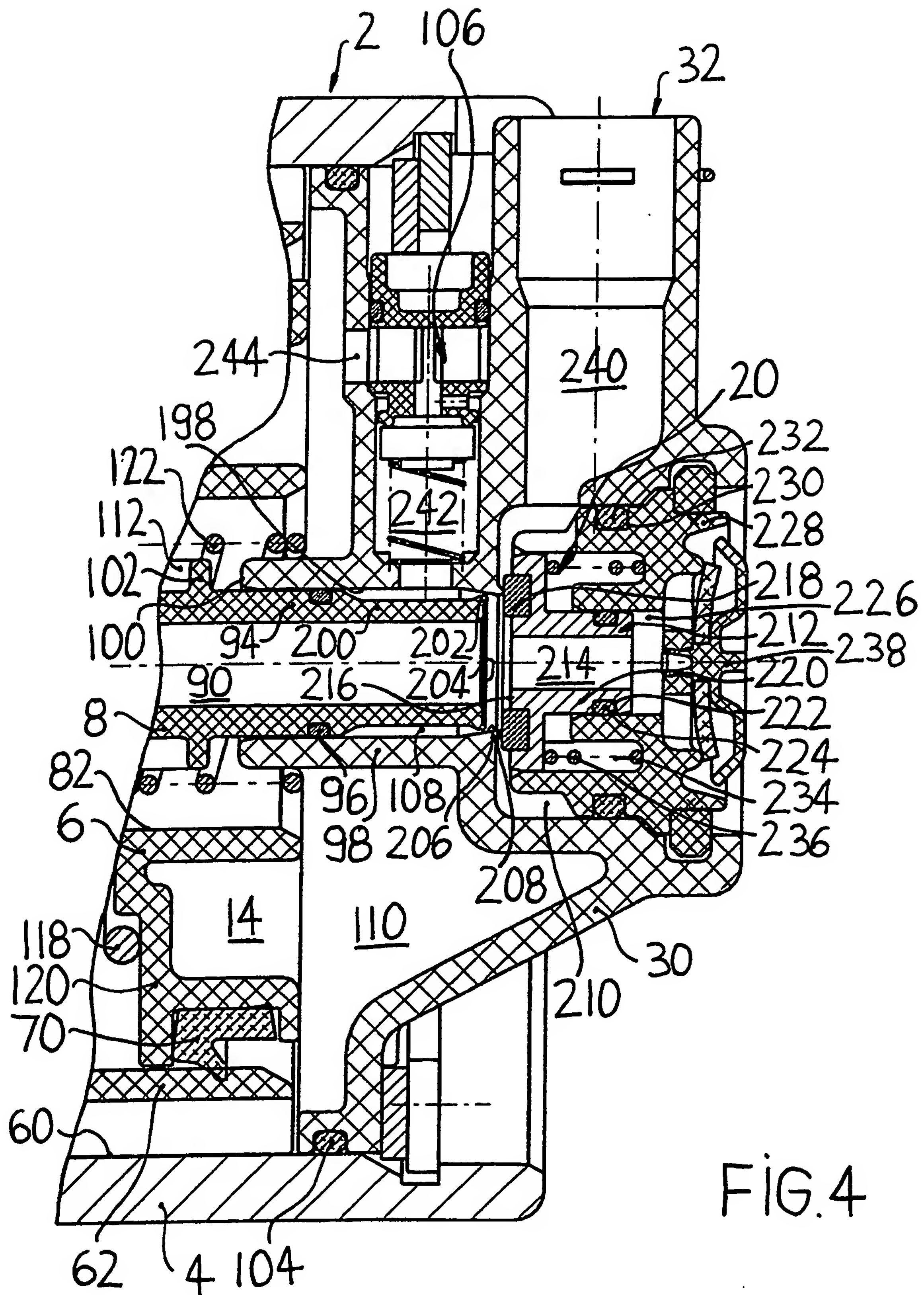


Fig. 2









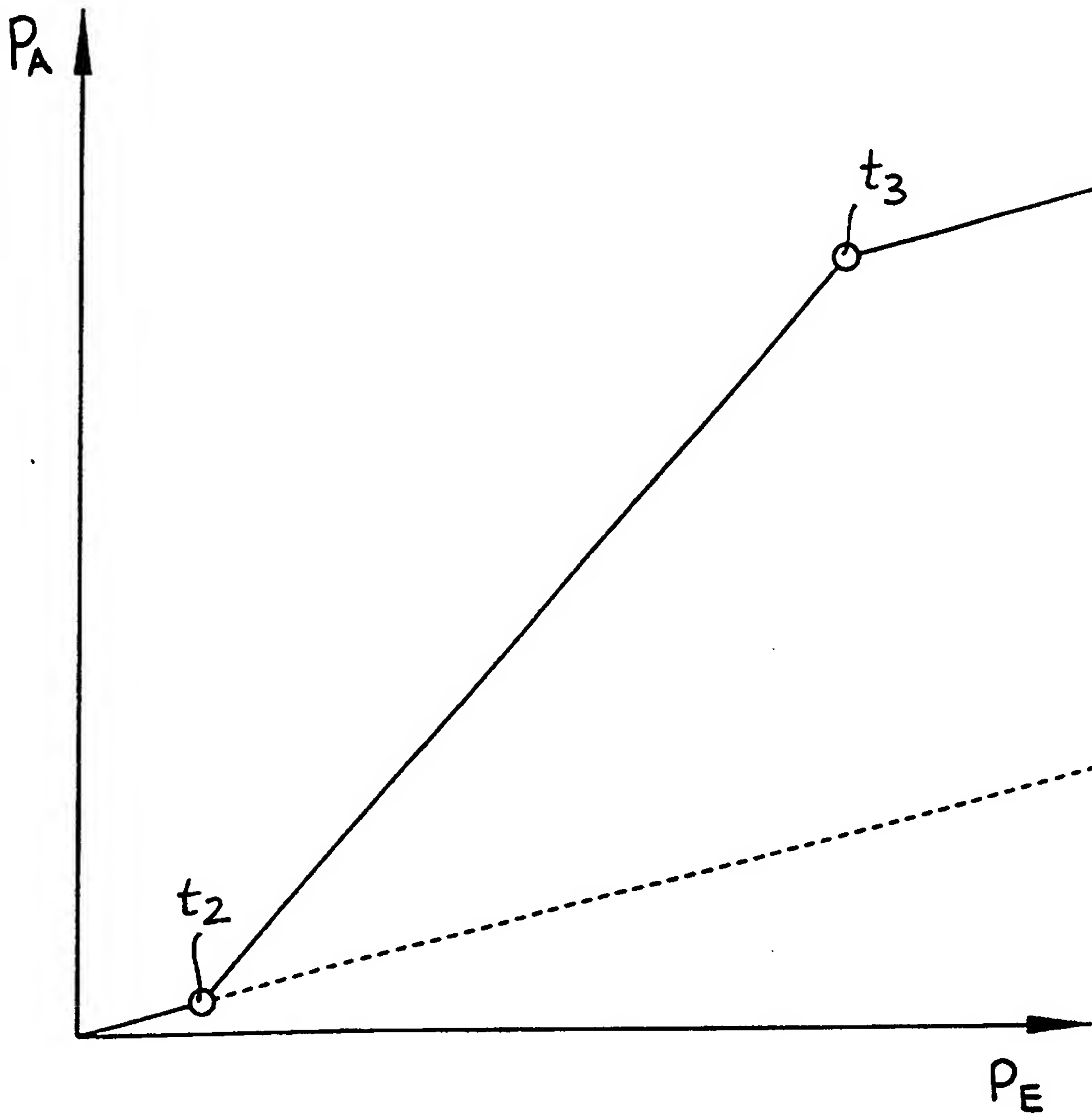


FIG. 5

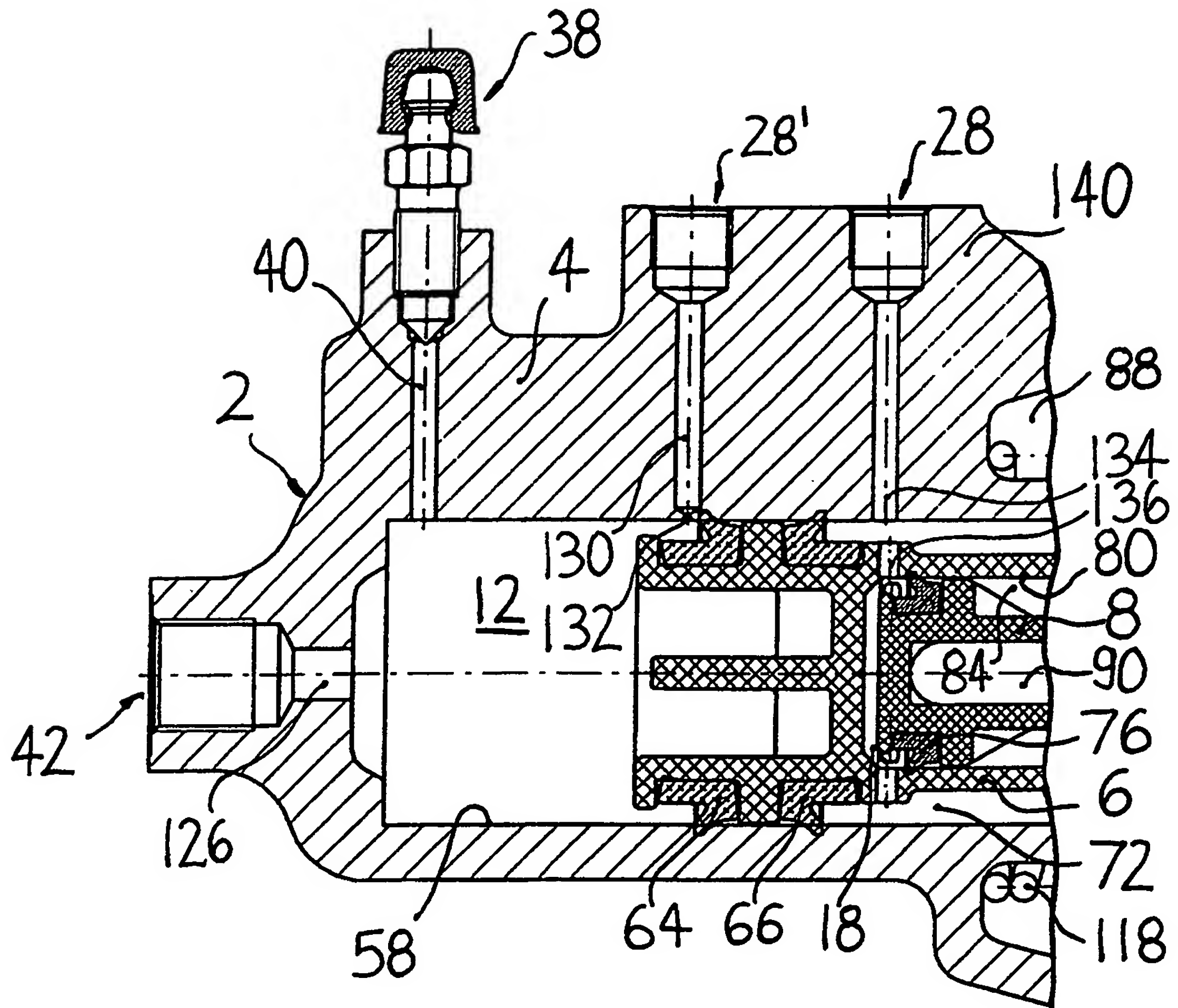


FIG. 6

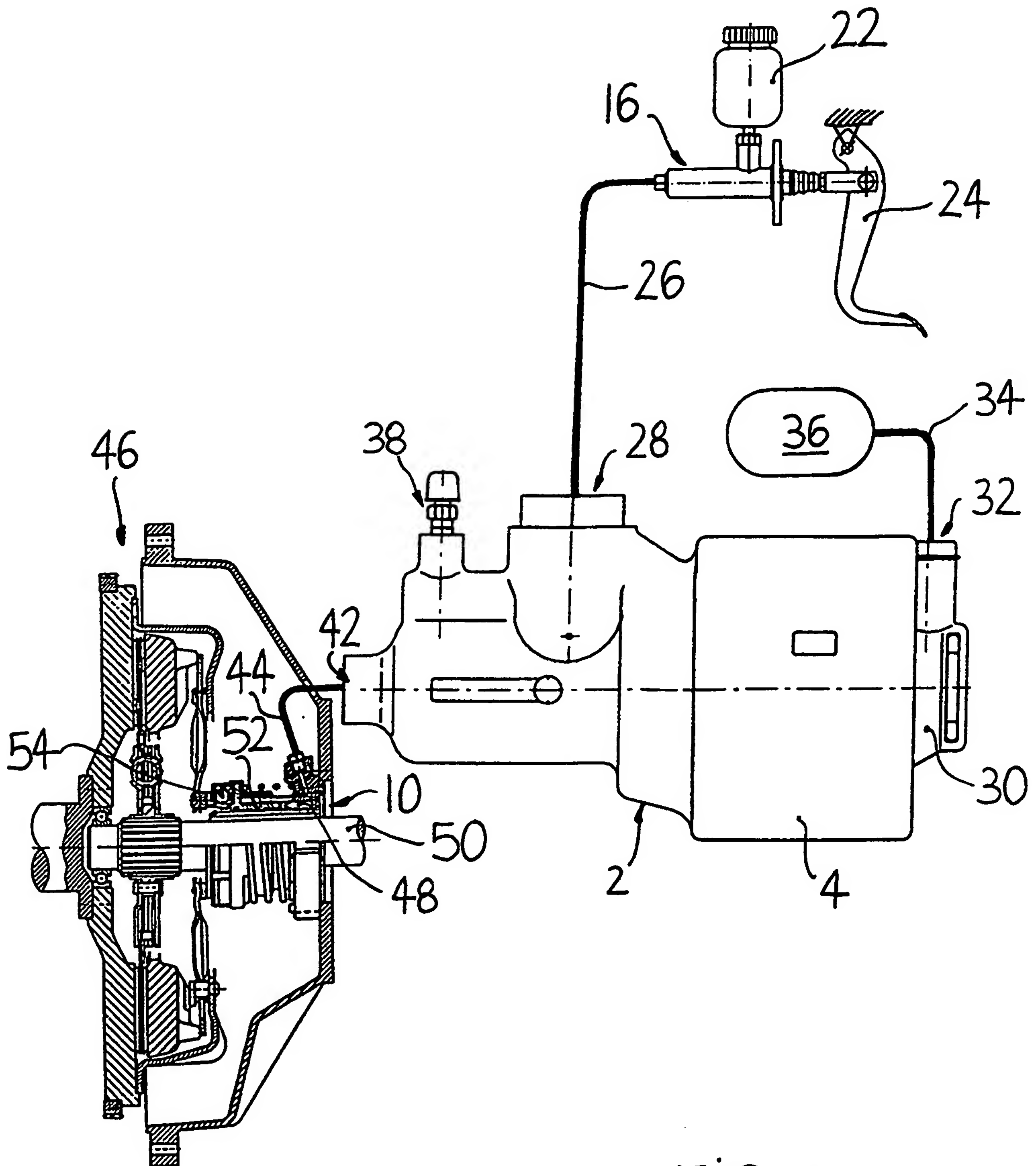


FIG. 1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**